

53239

53239

273

**ACTA UNIVERSITATIS SZEGEDIENSIS**

**PARS CLIMATOLOGICA SCIENTARIUM NATURALIUM**

**CURAT: R. WAGNER**

# **ACTA CLIMATOLOGICA**

**TOMUS IX.**

**FASC. 1—4**

1971 FEB 18



**SZEGED (HUNGARIA)**

1970



ACTA UNIVERSITATIS SZEGEDIENSIS

---

PARS CLIMATOLOGICA SCIENTIARUM NATURALIUM

CURAT: R. WAGNER

# ACTA CLIMATOLOGICA

TOMUS IX.

FASC. 1-4.

SZEGED (HUNGARIA)

---

1970



## DATA FOR HISTORY OF METEOROLOGICAL RESEARCHES IN SZEGED

by Á. NOVÁK

**Summary:** Regular meteorological observations have been carried out in Szeged since 1854, and since 1970 within the framework of the independent Hungarian meteorological service.

The climatological station of Szeged now celebrating its hundred years' existence operated till 1929 in the Piarist grammar school.

The climatological station of the Geographical Institute of the University of Szeged, established in 1926, took over the tasks of the station of the grammar school which was then closed in 1929. Besides network observations with modern equipment and besides teaching, research work also started. In 1927, the Institute started microclimatological researches, in 1928 aerological researches, and in 1932 it started a forecasting service for the southern part of the country and established an agrometeorological observation network.

Since the Second World War more favourable conditions ensure regular research work. The network climatological station is operating within the framework of the Climatological Institute established in 1952. Nevertheless the research work of the Institute is not based on this, but with its largely locally designed instruments the Institute carries out microclimatological researches useful for agriculture such as the investigation of the microclimate of alkali soils and sandy areas in the southern part of the Great Hungarian Alföld, the investigation of the weather conditions hindering rice growing, the investigation of the conditions of extending the forest areas in the North Hungarian mountains of medium height, the investigation of the microclimate of sink-holes (dolinas), the investigations of the vergency lines of the heat flows in the soil, etc.

**Zusammenfassung:** Systematische meteorologische Beobachtungen werden in Szeged seit 1854, und zwar seit 1970 im Rahmen des unabhängigen ungarischen Dienstes, ausgeführt.

Die Szegeder klimatologische Station, die in 1970 ihr hundertjähriges Bestehen feiert, fungierte bis 1929 im Piaristen Gymnasium.

Die 1926 gestiftete klimatologische Station des Geographischen Instituts der Universität von Szeged nahm ab 1929 die Aufgaben der dann eingestellten Station des Gymnasiums über. Neben Netzwerkbeobachtungen mit modernen Instrumenten und neben Unterricht begann auch die Forschungsarbeit. Ab 1927 begann das Institut mikroklimatologische, ab 1928 aerologische Forschungen, und ab 1932 leistete es Wettervorhersagendienst für den südlichen Teil des Landes und errichtete ein agrarmeteorologisches Beobachtungsnetz.

Seit dem zweiten Weltkrieg sichern günstigere Verhältnisse die Fortsetzung systematischer Forschungen. Die klimatologische Netzwerkstation fungiert im Rahmen des 1952 gestifteten Klimatologischen Instituts. Die Forschungsarbeit des Instituts ist aber nicht darauf gegründet; das Institut führt mikroklimatologische Forschungen aus die für die

Landwirtschaft nützlich sind, wie die Untersuchung des Mikroklimas der Sodaerden und der sandigen Gebiete im Süden der grossen ungarischen Tiefebene, die Untersuchung der Wetterverhältnisse die Reisproduktion hindern, die Untersuchung der Bedingungen der Vergrösserung der Waldgebiete im nordungarischen Mittelgebirge, die Untersuchung des Mikroklimas der Dolinen, die Untersuchung der Vergenzlinien der Wärmeströmungen im Boden, usw.

## Introduction

Organization of a meteorological observation network and systematic collection of data started in Hungary in the second half of the 19th century. In creating the provincial observation post system the *Central Meteorological Office (CMO)* had to take several facts into account. For instance, it had to commit the observation posts to the care of institutes whose permanent status guaranteed the work for a long time, for decades, and the financial situation of which made possible the covering of extra costs that might arise.

Besides the facts mentioned above the standard of work demanded from the observers could not be neglected either. The workers on duty had to prove their love of work and devotion, and from the point of view of the functioning of the observation post, their interest, their expertness and enthusiasm were only usefull; so they could be relied upon.

The duties connected with the work of the climatological station were undertaken by staff members of Szeged's oldest middle school, the Piarist Grammar School, for most of the teachers had a training in the natural sciences. The permanent existence, the great past, and the good reputation of the school, the adequate financial possibilities and the zeal of the teachers were very favorable conditions for the establishment and operation of the climatological station.

## From the first collections of data to the beginning of systematic observation

*In the second half of the last century meteorological observation had been going on in Szeged prior to the establishment of the observation post of the Piarist Grammar School. The systematizer and evaluator of the collected data of the Grammar School's first decade, A. BERTALAN refers in his dissertation (1884) to these earliest weather observations in Szeged. The post mentioned in the historical survey was one of eleven posts established in 1854. It does not appear from the brief report where and with what sort of instruments the collection of data was done or what became of the observation material and of the post. BERTALAN gave the names of the observers between 1854 and 1869, all of them army surgeons, in chronological order proving thereby the relative continuity of the observations. At the station established by the meteorological institute of Vienna the following persons collected the data:*

1854—1861	DR. ALTSTÄDTER (MÓRICZ)
1862—1863	no observations
1864	DR. JANI, regimental surgeon
1865	DR. JANI, DR. BLASCHKE and DR. PLANETER, military surgeons
1866	DR. M. PLANETER

1867

DR. M. PLANETER and DR. WALDSTEIN, regimental surgeons

1868—1869

DR. WALDSTEIN

Officially recognized uninterrupted service was done starting from 1870 by the climatological station established in the Piarist Grammar School of Szeged; this station was created at the same time as the *Central Meteorological Office (CMO)*. *The station of the Grammar School was in the northern part of the square now named for Beloianis.* The whole instrumental equipment here consisted of a „vessel barometer” (mercury barometer) in a first-floor room facing east, a „common psychrometer” on the northern side of the building, and a rain-gauge set up 75 cm from the window in the garden of the school. Wind direction was determined with the help of the wind vane on top of the flag mast of the steamboat company near the school. The arrangement of the instruments was not proper from the modern point of view but there was probably no better place for them. *The school and together with it the station moved in 1886 in the new building which is now in the Square of the Arad Martyrs.* Nothing is known about the arrangement of the instruments in the new building.

Starting from 1870 observations were made daily at 7, 14, and 21 hours by the following Piarist teachers:

till October 1870	K. PARÁDI
1871—1872	I. BERKES
1872—July 1885	K. STANCZEL
July 1885—Aug. 1887	I. MARKOS
Aug. 1887—Aug. 1890	L. FARKAS
Aug. 1890—May 1893	I. BACSKOR
May 1893—July 1905	M. SCHANDL
July 1905—Aug. 1905	J. PRELOGG
Aug. 1905—Aug. 1914	J. HOGYOR
Aug. 1914—Nov. 1917	J. LÁSZLÓ
Nov. 1917—Aug. 1923	Gy. SÜMEGI
Aug. 1923—July 1924	P. BOHARCSIK
July 1924—July 1926	J. PÉNTEK

The frequent changes in personnel did not interfere with the standard of work. This is proved by N. BACSÓ's comment published in the periodical *Időjárás* (= Weather) in 1929.

„The meteorological station of the Piarist Grammar School of Szeged began operating in 1870 and since then observation has been carried on continuously at this station which is as old as the Central Meteorological Office (CMO). Since the school undertook running of the station nearly sixty years ago, it has served science as a faithful aid to the CMO and has supplied Hungarian climatology with a lot of useful data.”

In view of the fact that the weather station of the Geographical Institute of the University of Szeged was, in the meantime, doing more and more complex and comprehensive work, and possibly also owing to the financial difficulties caused by the economic crisis of 1929, the observation post of the school was finally closed on Dec. 31. 1929. The observer of the school sent the last weather report to the CMO on April 4, 1929.

The meteorological data supplied by the Grammar School over a period of

60 years might have been very useful for Szeged and the southern part of the Alföld yet these data were worked up only on one occasion. *The weather conditions between 1872—1881 were analyzed by A. BERTALAN*, geography and natural history teacher of the Piarist Grammar School (1884).

The comprehensive study, which by the way dealt in detail also with the geographical conditions of Szeged, analyzed with commendable thoroughness the local peculiarities of the changes in the meteorological factors (air pressure, air humidity, precipitation, wind) using monthly, seasonal, and yearly means and extreme values.

A great merit of this study was that the author compared in it the observations of this station with the data of other stations and tried to explain the differences. It is also remarkable that he recognized the importance of the conclusions drawn from the material of observation and drew useful conclusions for agriculture in the environs of Szeged.

### **The Geographical Institute of the University of Szeged starts and gradually extends research work**

*A culturally and economically very important event in 1921 was the transfer of the University of Kolozsvár to Szeged.* The work of the Geographical Institute of the University had a similarly great importance in the geographical and climatological research of Hungary Szeged, and the Alföld.

*K. KOGUTOWICZ played an important role in starting this complex work.* He was invited from Budapest and appointed full professor of the Institute for General and Comparative Geography on April 14, 1923. (*Report . . . 1929.*) KOGUTOWICZ saw clearly that research of the Alföld was in an initial phase and that the town of Szeged also expected from the Institute the investigation and solution of a number of problems of geographical character. He also felt correctly that these investigations could not be limited to Szeged only because one would inevitably be faced with general problems of the Alföld. Thus he came to the conclusion: „ . . . if we could find the correct way of investigating the Alföld, we would have adequate guidance to most of the problems of Szeged.” (KOGUTOWICZ, 1927.)

The local possibilities and tasks were even more concretely defined by the geographer P. TELEKI (1927), who, by the way, was a leading politician of the former regime in Hungary. He said: „There was an imminent need for the universities of the Alföld because without research organizations and institutes, i. e. first of all universities living in the Plain itself, we would never get to know the Alföld.”

Elsewhere he wrote: „ . . . the work done by the Meteorological Institute is not satisfactory in every respect, but synthetic climatological research satisfying the geographer, the botanist, and the agrogeologist is needed. This can better be done by universities where experts of various disciplines work together.”

The above ideas and objectives guided research in the proper direction, but yet another factor was involved in shaping the sphere of interest of the Institute. *It was that the differentiation of climatology began in the 1920's.* Zs. RÓNA (1932), former director of the CMO, spoke of the importance of this process in these words: „Under the name of microclimate a new branch of clima-



tology has arisen which is concerned with the meteorology of the air layer next to the soil."

The so-called *Alföld Research Committee* also helped to direct research toward the unsolved scientific problems of Szeged, its environs, and the southern part of the *Alföld*. According to contemporaneous opinion (K. KOGUTOWICZ testimonial volume, 1939):

„this was the first organ which not only studied the *Alföld*, but, recognizing the needs, also tried to help, often with success.“ *Two large provincial universities, that of Debrecen and that of Szeged, had an outstanding role in the activities of the Alföld Research Committee. Within the framework of geographical researches the Geographical Institute of Szeged was given a well-defined sphere: that of investigating the southern part of the Alföld between the Danube and the Tisza and the area east of the Tisza roughly south of the valley of the Körös. Investigation of the climate was also thought very important, so the first item of the work program was climatological investigation of this area. The plan of work generally included climatological investigations and, under the influence of German results, investigation of the air layers from the soil to a height of 150 cm as well as aerological researches (Research of the Alföld . . . 1927).*

For the realization of these important plans well qualified workers, good equipment, and especially much money were needed. It was particularly difficult to procure the necessary funds because up till 1924 there was a long-lasting inflation after the First World War and then after 1929 there was again a several year long grave economic crisis. Under such circumstances the Institute could not think of largescale purchases because the State was simply unable to give any financial support. That in spite of these difficulties the research work of the Geographical Institute could be started was largely due to the praiseworthy moral and financial support given to the Institute by the town of Szeged and the communities and institutions in the southern area of the *Alföld*. The above-described meteorological observation post also owed its establishment first of all to the generosity of Szeged, because the Institute received for this purpose 50.000.000 crowns (i. e. 4.000 pengő) and a seismograph, but from the agricultural chambers, counties, towns and villages of the *Alföld* an additional sum of 150.000.000 crowns. As a result of the organizing and purchasing activity of the indefatigable KOGUTOWICZ and his coworkers and supported by the generous financial aid, *the Institute could present itself and its equipment to the public within the framework of a little ceremony already on February 15, 1924.*

Although the climatological station officially began its work only later, collection of data, with incomplete instrumental equipment, had been going on already since 1924 (BÁCSÓ 1929). The task of starting observations with the fullest equipment could be realized only by further hard work of the winning of a capable expert, and much of the job was undertaken by KOGUTOWICZ. *The professor, using his personal connections managed to have an excellent expert of the CMO, GY. MARCZELL as planner of the station and advisor to the local co-workers.* MARCZELL was an outstanding theoretical researcher and at the same time a practical expert, a designer of instruments and a person with an interest in everything new. Starting of aerological researches in this country was due to him. For years he helped the Institute with his advice readily, indefatigably, personally or through letters, and by the acquisition of instruments.

In his earliest letter (dated Febr. 7, 1925) MARCZELL knowing the local

possibilities, compiled a list of absolutely necessary instruments to be bought later and made a proposition for their arrangement. He considered it of prime importance to buy a barometer, a barograph (to be placed in a room), a psychrometer, thermometers, a hair hygrometer (to be set up in the sports ground in front of the building or in the garden beside the building, in an English thermometer hut, possibly in the window), a Hellmann's ombrometer, a wind flag and a Robinson's cross (above the facade of the building, on one of the turrets), a recorder to be connected with them (to be placed near the barometer), a Jordán—Fényi's sunshine meter (to be set up on a turret or in a suitable window). He also thought it worth while to consider acquiring an Angström's radiation meter and a radio. He proposed to place the seismograph that the Institute had received in a pavilion in a yard because of the dampness of the cellars. (The above letter shows the carefulness of the advisor.)

*According to MARCZELL's plan of arrangement (Febr. 22, 1926) the instruments were set up in the most suitable places, partly at the edge of the sports ground in front of the university building, partly on the terrace on top of the building.*

*The meteorological radio station supplied the CMO with data as of April 1926. The Meteorological and Seismological Observatory of the Geographical Institute of Francis Joseph University was inaugurated on June 14. The station, which had some 50 instruments, began work officially on August 1, 1926 (Alföld Research . . . 1927). The first appointed unsalaried observer of the station as from July 17, 1926 was L. ORAVETZ (Report . . . 1929).*

The professional press (*New Meteorological . . . 1926*) spoke of the importance of the event in these words:

„ . . . the ceremony was really the laying of the foundationstone, for Professor KOGUTOWICZ has great plans for the realizations of which the good beginning bids fair. The seismographs of the station have already recorded the very remote earthquake of July 30 of the current year, and its evaporation recorder is unique in the country.”

Earliest possible establishment of the station was important for the CMO because in consequence of the observatory of Temesvár having been ceded to Roumania the observation network was very sparse in the southern part of the country and the data were not sufficient for the preparation of forecasts.

Early, modern equipment of the station is suggested by the letter of G. SCHILLING, assistant professor of the Institute, to MARCZELL (SCHILLING's correspondence 1927) in which he asked for standard tapes for the ombro-, evapori, baro-, hygro-, and thermographs.

The scope of the tasks of the observatory of Szeged, as it appears from A. RÉTHLY's communication, was extended in 1927: the observation data were sent from here to the CMO in special telegrams in the morning and as from 1928, like at the stations of Szombathely, Keszthely, Pécs, Debrecen, also at 19 hr for the preparation of forecasts. *From 1927 onward the Institute employed a telegraphist to carry out the new task properly.* After closure of the observation post of the Piarist Grammar School from April 4, 1929 onward, the CMO in preparing weather forecasts, relied regarding the region of Szeged exclusively on the telegrams of the Geographical Institute sent twice a day. (The correspondence of SCHILLING 1929):

*In the summer of 1931 arose the need that the observatory of Szeged do weather forecast service for the southern part of the country in the interests of agriculture.*

(KOGUTOWICZ 1933.) The basis of the forecasts was the Hungarian and foreign material of observation collected with the help of radio. The telegraphist from the military helped very much by industriously collecting the radio communications of European weather stations often all day long. Thus a considerable amount of data was collected a large part of which was never worked up. Yet with the help of the smaller part which was used it was easier to make relatively reliable forecasts since weather conditions of nearly all of Europe were known.

*After due preparation R. WAGNER prepared synoptic maps and forecasts for the southern part of the country from January 1, 1932 onward on the basis of the daily observation material of 21 hr and, in this country for the first time, of 14 hr.* These weather forecasts were published daily over two years as of March 1 in several Budapest newspapers and there was even a period when they were read in the radio (*Report . . . 1934*) (K. KOGUTOWICZ *testimonial volume*, 1939).

The sphere of activity of the observatory was soon extended again: research of the high atmosphere began. The preliminaries and cause of this were the experiments carried out at the airfield of Szeged since 1925. The investigations were carried out utilizing airplanes. The director of the investigations was A. HILLE (MARCZELL 1925) (HILLE 1925). The meteorologist G. TÓTH, official of the CMO took part in the high altitude research flights in 1928 and 1929. The experiences so gained were more or less regularly published by the professional journal „*Időjárás*” (HILLE 1928 a, 1928 b, 1929 a, 1929 b, 1930).

Later on there is no news of the remarkable investigations. It is possible that it was for economic and professional causes that these important investigations had to be given up.

The Geographical Institute probably raised the idea of starting aerological research already in 1925. This is suggested by a letter of MARCZELL (Sept. 11, 1925) in which he gave information of the possibilities of acquiring a meteorograph. In 1927 it must have become apparent that the Institute was unable to realize the plan unaided. The original plan was therefore modified so that the program of the pilot observations made together with the weather service of the airfield was worked out and consultations were held with those engaged in the work (KOGUTOWICZ, 1927).

*In order to acquire the knowledge and practice necessary for piloting, R. WAGNER, assistant of the Institute went to Budapest in June 1928 and learned what there was to know under the guidance of N. BACSÓ. (The correspondence of MARCZELL, May 23, 1928.) During his stay in Budapest R. WAGNER gathered useful experience but his study tour abroad in 1929—1930 meant much more to him and had a great effect on his interests because in the Meteorological Institute of Munich he worked in all the sections (WAGNER's personal communication, 1969).*

The Geographical Institute deserves praise for ensuring with circumspection the technical and personal conditions of aerological researches. Thus it is understandable that *continuous piloting could start as early as 1928. These researches were important because after Budapest Szeged was the only town in the country where the observatory carried out daily pilot observations.* The data were communicated to the Office in Budapest by radio. The CMO used the communications from Szeged in compiling the day's weather report and also communicated them to similar institutions abroad. (TÓTH, 1928.)

Still in 1926 MARCZELL took note in connection with the establishment of the climatological station of the fact that KOGUTOWICZ wanted to set up more thermometers in the instrument garden than were generally used in the

observation network of the country. The reason for this was that the Geographical Institute wanted to measure soil temperature in various highest over the ground, that is, after German example, it considered carrying out microclimatological observations as early as the middle of the 1920's. (The correspondence of MARCZELL, Febr. 22, 1926.) *Microclimatological research in Szeged started owing to the personal encouragement of August SCHMAUSS, head of the University of Munich and the Meteorological Institute of Bavaria* (WAGNER's communication 1969).

To all this were added WAGNER's personal experiences in Munich which confirmed KOGUTOWICZ in his decision to start microclimatological researches as soon as possible. His foresight was proved again by the fact that he obtained a home scholarship for the selected coworker before launching intensive research. Thus B. BODNÁR could study results in this field at home. Professional public opinion took note of the event. The journal *Időjárás* greeted the holder of the scholarship and expressed its approval of the endeavours of the Geographical Institute of the University of Szeged to give an important role to agricultural meteorological researches (RÉTHLY, 1930).

In the course of the realization of the plans a number of experiments were carried out. *Novel experiences were for instance the large-scale terrain investigations by B. GYÖRFFY in 1938. In the same period R. WAGNER made thermoelectric measurements of experimental character in the sandy area of Átokháza.* The scientific value of this experiment was not lessened by the fact that the instruments used were unsuitable for field investigations, they could not bear the great temperature variations, for they were designed for use in laboratories.

More important than these short-term experiments were the micrometeorological investigations with four Six-type maximum—minimum thermometers which were carried out as of Jan. 1, 1927 under the direction of B. BODNÁR and R. WAGNER. The thermometers set up in the instrument garden of the station measured the daily temperature maxima and minima in 5, 50, 100 and 150 cm heights. At 7, 14, and 21 hr the degree of cloudiness, the character of the weather between the times of observation, and even the height of the surrounding vegetation were determined. (Fig. 1.)

With a view to gathering comparative data, the Geographical Institute established additional microclimatological stations in Királyhalma, Nagykőrös and Szarvas using maximum—minimum thermometers received from Bavaria. Systematic observations were carried out generally between 1932 and 1933 in the afore-mentioned localities. Then researchers in Bavaria revised their earlier methods, the experiences gained, and came to the conclusion that their methods were not correct, and they stopped their investigations with the old methods. At this news the Geographical Institute also stopped its investigations. The fact that, although microclimatological observations were planned also in Baja, Hódmezővásárhely, and Szeghalom, establishment of these three stations did not take place is due to the same circumstance.

From this it followed that a new direction had to be given to the microclimatological investigations in Szeged. *The new plan was developed already in 1932 according to which the setting up of 40 rain-gages and an additional 6 stations for the investigation of the air layer next to the soil was begun in present-day Békés and Csongrád counties well as in the southern part of Bács county* (KOGUTOWICZ, 1933). (Document of Szeged ... 1933—1934.) Of the stations

Fig. 1. One page of the agrometeorological logbook

A felvétel kezdete: 1928. márc. 4. é. m.

Környezet:	Maximum:	Minimum:	A
magasság:	(földi szint)	(földi szint)	hőmérséklet:
150m	47.7	33.9	37.6
100m	48.8	34.9	32.8
0.50m	49.1	33.9	33.9
0.05m	51.9	33.1	33.3
A felvétel helye:		A felvétel ideje:	
7.6		21.75. y	
14.6		7.6 - 14.6	
21.6		14.6 - 21.6 y	
Jegyzet:			

planned only 28 were left which systematically gave reports to the Geographical Institute. Judging by their observation material their work may be considered to have been useful. Their work was interrupted by the economic crisis of 1929—1933. (Fig. 2.)

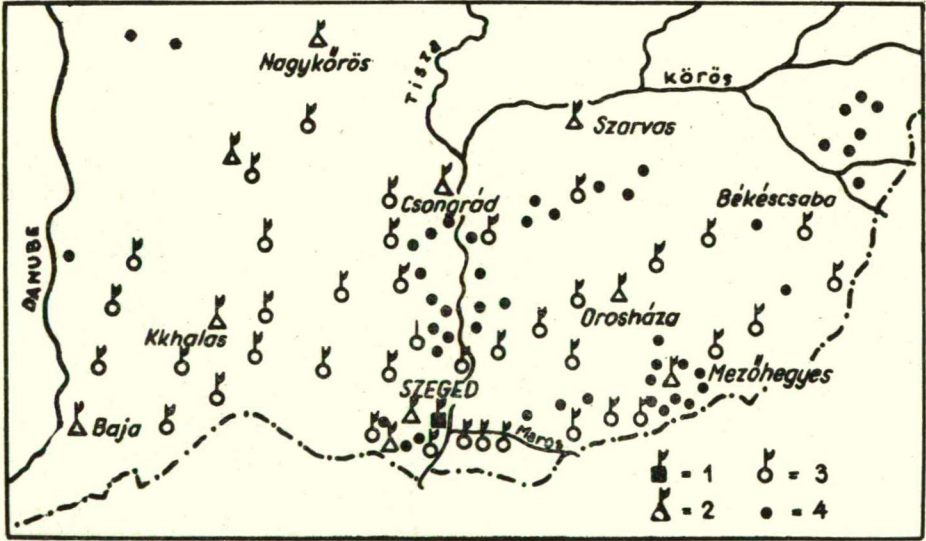


Fig. 2. The meteorological network of the Geographical Institute of the University of Szeged  
Fey: (1) Observatory, (2) agrometeorological station, (3) rain-gauge station, (4) privately owned rain gauge station

Though most often interrupted, these undertakings did not fail to have an effect on the interested, enthusiastic institutions and experts of the Alföld. With its devoted work and readiness to help the Geographical Institute soon gained prestige. This is why the climatological stations and the post of the precipitation measuring network turned to the experts of the climatological station of Szeged with great confidence asking for guidance or equipment or printed matter. Whenever it was possible, the Institute satisfied the demands, and it was so that several establishments received Six-type thermometers. Here it must be remarked that MARCZELL's opinion in connection with the Six-type thermometers (his correspondence, March 19, 1928) was that first of all Fuess-type minimum thermometers ought to have been used which were in general use in Hungary and the Six-type thermometer could have been used besides them.

For want of sufficient financial resources the Institute was often unable to satisfy the demands for instruments; this happened in the case of the state Practical Secondary School of Tótkomlós, the Practical Secondary School of Endrőd, the Gardener's Association of Békés County, and the Szentes Board of Woods and Forests. These institutes asked for the establishment and equipment of climatological stations. The institute could undertake only forwarding of the requests to the CMO (the correspondence of SCHILLING, July 2, 1928).

The researches are useful only if the results come to be published in a usable form for the community, worked up with scientific methods pretension. *The Geographical Institute had a scientific status already in the years following the start; this is why the journal Időjárás published one after another the communications of its workers. The Alföld Research Committee of Szeged also urged and helped publication of the scientific papers by starting a series under the name of Library of the Alföld Research Committee of Szeged in which appeared, among others, climatological and meteorological studies.* (WAGNER, 1929, 1930, 1931 a, 1931 b.) Among them for instance the study dealing with the wind conditions of the Alföld had a great repercussion: ZS. RÓNA (1931) reported on and evaluated it in *Időjárás*. Although some of the studies were prepared only in manuscripts, their titles prove that the Institute took the task of research of the Alföld seriously; for instance WAGNER: „*New evaluation of pilot observations*”, WAGNER: „*The industrial town of Szeged and the wind*” (*Report . . . 1933*).

It was the intention of the Institute to publish the locally collected observation material after working up in a year-book. This, however, was not realized on account of the lack of understanding of the editorial board of the university publications (*Acta*).

It is gratifying, however, that the raw material of observations collected till 1932 made it possible to prepare a study of international importance; the manuscript of R. WAGNER's paper „*Barometric minima in Europe, 1926—1930*” was prepared (*Report . . . 1934*) which was first published in the local publication entitled *Földrajzi Szeminárium* (Geographical Seminar). By the way the *Földrajzi Szeminárium* owed its short life repeatedly to the devoted work of the Geographical Institute which knew no obstacles. Since the publication of year-books could not be started earlier, the workers of the Institute themselves created a possibility for publication. Edited by R. WAGNER and mimeographed; later printed, ten issues of the *Földrajzi Szeminárium* were published in 1935—1936. This publication was destined to serve geographical science, the teaching of geography, researchers, teachers, and university students.

Besides articles by local researchers, articles by noted Hungarian experts also appeared in this journal. The following articles, which also prove the rapid expansion of the sphere of scientific research, deserve special attention: N. BACSÓ: „*The weather in Hungary in 1935*”, A. PÉCSI: „*Climatic elements and intellectual work*”, R. WAGNER: „*Shade*”, R. WAGNER: „*Barometric minima in Europe*”, R. WAGNER: „*The change of weather at Candlemas*”, R. WAGNER: „*The role of wind in the gas defense of the Alföld*”.

The Geographical Institute considered teaching also a very important task. Here we only touch upon this problem in so far as it has some connection with obtaining meteorological or climatological knowledge. In the first years of the functioning of the University, in the 1920's, climatology did not figure in the curriculum even in the form of practical exercise. The more important body of climatological knowledge was taught within the framework of physical geographical studies (*Lectures on meteorology* . . . 1927). At the committee session of the *Hungarian Meteorological Society* in 1926 attention was called to the then existing situation: the fact that at two universities of the country meteorology was not taught even as a facultative subject. In order to change this situation as soon as possible it was decided to urge introduction of the teaching of meteorology in a petition addressed to the Minister of Education (*The MMT* . . . 1926).

As a first step toward independent teaching of climatology in Szeged, from 1930 onward R. WAGNER lectured four hours a week on the use of instruments and lead measurement exercises. From the middle of the 1930's climatology was already an independent subject. At that time the Geographical Institute developed and introduced a training cycle of eight semesters within which there were also lectures on climatology during a semester every other year. In the odd years the students gained climatological knowledge within the framework of the lectures on physical geography (WAGNER's communication, 1969).

The Geographical Institute did much till 1944 in the interests of climatological and areological research and teaching. With modern objectives, not introverted, and doing autotelic work, it recognized the demands of the environment and thus it considered research of the Alföld its exclusive task. The failures and difficulties did not discourage it; if in the way of realization of an objective it met with an unsurmountable obstacle, it looked for another objective and tried to achieve by good work results with the greatest possible use.

### **Results achieved in the service of meteorology at the University of Szeged since 1945**

World War II set back the work of the Geographical Institute very much. For years there was no teaching work, the financial and personal conditions necessary for resuming research were lacking. There was also a radical change in the situation of the climatological station, and observation work started under difficult conditions.

For some years after the war it was the Geographical Institute which dealt with the teaching of meteorology and maintained the climatological station and ensured its continuous work. In 1952 there was a change in organization and content; R. WAGNER was appointed university professor and as from August

15 he was commissioned to establish the so-called Geographical Institute Number Two. Owing to the character of the University, the new Institute had to do both teaching and research work. In September 1953 the name of the Institute was changed to Climatological Institute. Besides teaching, the Institute has been doing complex and ever increasing research work since 1952—1953.

Achieving the present results has been a long story. This is also true of the climatic station which at the end of the war had to be transferred with all of its instruments to the terrace on top of the university building on account of the installation of a military hospital, and the observations have been done there ever since. All the instruments were successfully mounted in the place formerly used only for pilot observations. The conscientiousness of the observers, F. CSÓTI GYAPJAS and I. HEGEDŰS, is proved by the fact that, in spite of the difficulties during and after the war, the work of observation was nearly uninterrupted.

From the academic year 1946—1947 onward the climatological station again took part in the weather forecasting service; till 1951 it informed the civilian airport of the weather conditions and cabled data to Budapest every hour or every three hours. In 1951, on account of the airfield catastrophe in Pécs, the station of the Institute temporarily substituted for the station of the airfield. Since 1952 the station of the university has not been sending cable reports; it has only been collecting the data of therminus observations and sending them, together with the records of the self-registering instruments, to Budapest.

To the number of instruments was added a locally designed and prepared wind direction recorder, which however, could be used only for a short time on account of technical problems. In 1957 the station received a Robitzsch pyranograph, then in 1961 a universal wind recorder.

The accumulated data of sensual and instrumental observations have not been worked up systematically for a longer period on account of the shortage of personnel and the complexity of the teaching and research tasks. In evaluating the results of the investigations in the area of the southern part of the Alföld, the workers of the Institute always make use of the data collected at the station in order to characterize the macroclimatic situation and to make comparisons easier. Utilization of the observation material is also done in the form of home climatological stations, but chiefly institutes in the region of Szeged, agricultural experimental and producing establishments asking information of the Institute; near thirty establishments ask for and receive weather mean values regularly.

But the agricultural and research establishments demand not only direct observation material but also generalizations, the knowledge of regularities. The Climatological Institute has tried in the past and is trying now to satisfy this expectation. It was such motives that led to researches of an agricultural nature and investigations of working place climatology in industrial establishments. Most of the scientific problems to be solved and especially those posed by agriculture were studied by microclimatological methods and the work of the researchers was successful.

However, to start microclimatological researches, very sensitive instruments, uninfluenced by the presence of persons, were needed. Since no such instruments were available at the Institute, R. WAGNER started designing suitable instruments from 1950 onward. Such an instrument was the remote-control photocell light reflection meter which served for studying the properties of different kinds of soil.



It is very regrettable that the shortage of personnel—there was only one worker employed for this purpose—was a great setback for regular measurements, although hourly observations were planned. It was also in 1950 that an experimental specimen of an electric remote-control thermometer of great sensitivity of the WAGNER—GALYAS type, an electric anemometer, and a wind direction finding instrument were made. Among the last named, the temperature-measuring basic instrument is a constantly used device in microclimatological research.

The first period of exploratory investigations was characterized by the fact that they lasted from a few days to a few weeks, and there was no possibility to repeat them.

A further feature of these investigations was that they were in close connection with teaching, since the data were collected using the field exercises and the observation work of the students. Such were part of the investigations in the southeastern region of the *Alföld*, for instance on the alkali soils of Békés (at Puszatornya, near Orosháza) in 1951 in the interest of their better utilization; then the observations made at Mezőhegyes in 1952 in order to explore the microclimate of the working place of harvesters and threshers. In the same place in the same year agrometeorological investigations were carried out in a stand of hemp. Instrumental collection of data took place on alkali soil at Kétegyháza in 1952. In 1953 single investigations were carried out on quicksand at Úllés and on alkali soil at Gyulapejrért. Investigations were carried out also in the air space of both banks of the river *Tisza* at Algyő in 1955 in connection with the afforestation of the flood basins. Still in the same year, the Institute carried out exploratory measurements in the *Anna* and *István* caves of Lillafüred. In 1955 a series of measurements were carried out in the area of several industrial establishments (iron foundry, turnery, textile factory) in Szeged in connection with plans for conditioning the workshop spaces. Instrumental investigations were carried out at Alsógöd in 1956 and 1957. In 1958 the Institute tried to study simultaneously different kinds of microclimatic spaces of the mesoclimate in the area between Dunaföldvár and Solt.

Economically more important than these were the investigations lasting several years. In the course of the first series of large-scale investigations, measurements under circumstances of artificial influences were carried out in 1951. Between 1952 and 1954, experiments were conducted to explore and favorably change the microclimate of cotton, then under acclimatization. Investigation of the microclimatic conditions of the refreshment of the woods of the *Bükk mountains* and the planting of trees in the barren places began in 1953. This investigation still goes on in every season except in winter, and its importance is ever growing. In the course of the investigation of the main theme a number of new problems have come up. From 1959 onward, for instance, began the investigation of the microclimate of sink-holes, from 1961 that of mountain meadows and forest clearings. Radiation measurements which have been going on regularly since 1966, help to better understand the environmental conditions. The experiences gained in the course of the investigations are already being put to use in the forestry of the *Bükk mountains*.

Very important and successful series of investigations were carried out between 1956 and 1959 at the experimental station of Kopáncs. The Institute investigated there the natural and the artificially produced microclimatic causes of the browning disease (bruzone) of rice in different phenophases in the summer months of successive years.

*In 1960 and 1961 the Climatological Institute carried out instrumental investigations in nine kinds of vegetation on sandy terrain in summer — autumn and in spring — autumn aspects. The aim of the investigation was to clear the conditions of binding the quicksand.*

Without capable and well-trained, variously interested experts it would have been impossible to produce such results. Quite a school of geographers formed round Professor WAGNER, with biologists, more exactly botanists, among them who got there as a result of conscious guidance. Harmonious collaboration was seen in the investigations. In case of need researchers of other institutes or experts not belonging to the University were also drawn into the work. Thus everything that could only be planned before the war was successfully realized, for the experts of different disciplines joined their efforts.

The results of the microclimatological investigations described above are available to both Hungarian and foreign experts. Information service at home was and is done by the *Acta Geographica*, the *Földrajzi Értesítő* (*Geographical Bulletin*), *Földrajzi Közlemények* (*Geographical News*), *Communications of the Agrarian Science Department of the Hungarian Academy of Sciences*, etc. To foreign researches the results of the investigations are available in the independent periodical publication *Acta Climatologica* (1959—1969). The 21 studies in German or English were published in 8 volumes till 1969. The majority of the studies were written by the researchers of the Climatological Institute, but place was given in it also to experts of other universities or research institutes. Researchers of the Soviet Union, Poland, the German Democratic Republic, the German Federal Republic, and Japan are interested in the results, and several of Professor WAGNER's studies are even used as teaching material. The international standing of the publication is proved by the fact that in the last volume already studies by foreign researchers were also placed.

*The Institute greatly contributes to the foundation of the professional knowledge of the students.* Lectures on, and exercises in, astronomical geography, cartography, projective geometry, and climatology have been constant and compulsory subjects in the curriculum since the establishment of the Institute. Students of geography may put themselves down for microclimatology as a recommended special course. Earlier, for a short time the Institute took charge of teaching of biogeography, introduction to geographical science (development and classification of geographical knowledge, history and theory of science), and topography. All the staff members have to do research work at the same time, for in this way theory is of necessity combined with practical activity; they mutually influence each other and as a result the standard of teaching and research is raised.

Summarizing we may say that the University of Szeged has, during its work of a half century, greatly contributed to the results of meteorological research in this country. Using the given possibilities, the Institute endeavored to perform its duty of teaching, connected with geography and the related disciplines. Both the Geographical Institute and the Climatological Institute considered the work of maintenance of the climatic station a very important task and made efforts to use the scientific results of it for clearing research problems concerning the southern part of the Alföld. Till 1944 the Climatological Institute tried to accomplish this great objective on many occasions and in several ways, and it was not the fault of the Institute that the results were not proportional to the work done. Since 1945 the climatological rese-

arches in Szeged, fitted into the national scientific research plan and serving real needs, have cleared several, earlier open, questions. It may be said that the inner endeavours, under favorable conditions, meet fully the demands of life.

## BIBLIOGRAPHY

*Acta Universitatis Szegediensis. Pars Climatologica Scientiarum Naturalium.*

Curat: R. WAGNER. Szeged.

Tom. I.	1959
II—III.	1963
IV—V.	1965
VI.	1966
VII.	1967
VIII.	1969

- Alföld-kutatás. Földrajzi Intézet (1927). Széphalom 1, 197—200.
- ANDÓ, M. (1955): Adatok a homoktalaj hőmérsékletéhez. Időjárás 59, 230—234.
- ANDÓ, M. (1955): Beitrag zur Bodentemperatur des Flugsandes. Acta Geogr. Univ. Szegediensis 1, 3—7.
- ANDÓ, M. (1956): Angaben zu den Luftfeuchtigkeitsverhältnissen des Mikroklimas im Algyőer Überschwemmungsgebiet der Theiss. Acta Geogr. Univ. Szegediensis 2, 43—48.
- ANDÓ, M. (1959): Die Einwirkung der Donau und der Oberflächenformen auf die mikroklimatischen Verhältnisse des Uferrandes bei Alsógöd. Acta Clim. Univ. Szegediensis 1, 45—53.
- ANDÓ, M. (1959): Mikroklimatikus sajátosságok a Tisza-ártér déli szakaszán. Földr. Ért. 8, 309—336.
- ANDÓ, M.—VAMOS, R. (1959): A napfénytartam és a hőmérséklet szerepe a rizs barnulásos betegségekben. Időjárás 63, 298—304.
- ANDÓ, M.—VAMOS, R. (1959): Die Rolle des Sonnenlichtes in der Bekämpfung des in den Reisböden entstehenden  $H_2S$ . Acta Biol. Univ. Szegediensis, Nova Ser. 5, 61—69.
- ANDÓ, M.—VAMOS, R. (1959—1960): Ecological geographic factors influencing „straghtthead” of rice plant. Acta Geogr. Univ. Szegediensis 4, 45—64.
- ANDÓ, M. (1961): Homoktérszín mikroklimatikus hőmérsékletváltozása különböző időjárási viszonyok alkalmával. Földr. Ért. 10, 1—22.
- ANDÓ, M.—BÁBA, K. (1962): Malaco-coenological investigations connected with microclimatological observations on the shores of the rivers Tisza, Bodrog an Kraszna. Acta Biol. Hung. 12, Suppl. 4, p. 27.
- ANDÓ, M. (1966): Mikroklimaverhältnisse der Sodahaltigen Teiche im südlichen Teil der grossen Tiefebene. Acta Geogr. Univ. Szegediensis 6.
- ANDÓ, M. (1969): Climatic and microclimatic peculiarities of the Tisza and inundation area. Tiscia 1969, Szeged.
- BÁBA, K.—ANDÓ, M. (1964): Mikroklima vizsgálatokkal egybekötött malakocönológiai vizsgálatok ártéri kubikokban. Acta Academiae Pedagogicae Szegediensis 1, 97—111.
- BACSÓ, N. (1929): Szeged kegyesrendi főgimnáziumának meteorológiai állomása megszűnik. Az Időjárás 5 (33). 108.
- BACSÓ, N. (1935—1936): Magyarország időjárása 1935-ben. Földrajzi Szeminárium 1, 103—109.
- BÁRÁNY ILONA (1967): Der Einfluss des Niveauunterschiedes und der Exposition auf

- die Lufttemperatur in einer Doline im Bükk-Gebirge. *Acta Clim. Univ. Szegediensis* 7, 85–109.
- BENEDEK, ÉVA (1952): A Szegedi Földrajzi Intézet újításai. *Földr. Ért.* 1, 381–386.
- BENEDEK, ÉVA (1954): Mikroklíma vizsgálatok kenderállományban. *Időjárás* 58, 158–168.
- BENEDEK, ÉVA (1954): Mikroklímakutatás a Tiszazugban. *Földr. Ért.* 3, 544–553.
- BENEDEK, ÉVA (1955): A szélirányok gyakorisága és a termikus szélrőzsa Szegeden 1926–1940 között. *Földr. Ért.* 4, 381–386.
- BERTALAN, A. (1884): Szeged Szab. Kir. város földrajzi és meteorológiai viszonyai. A Kegyes-Tanítórendek vezetése alatt álló Szegedi Városi Főgymnasium értesítője az 1883–1884-iki tanévről. Szeged. 3–71.
- Beszámoló a Szegedi M. Kir. Ferenc József Tudományegyetem 1922–23–1926–27. évi működéséről. (1929) Szeged. p. 348, 351.
- Beszámoló a Szegedi M. Kir. Ferenc József Tudományegyetem 1930–31. évi működéséről. (1933) Szeged. p. 134.
- Beszámoló a Szegedi M. Kir. Ferenc József Tudományegyetem 1931–32. évi működéséről. (1934) Szeged. p. 126.
- BODROGKÖZY, GY.—HORVÁTH, I.—TASSY, O. (1967): Microclimate examinations in the autumn aspect of *Cynodonte-Poa tum. augustifoliae* (Rapaics 26) Soó 57 of the Maros dam. *Acta Clim. Univ. Szegediensis* 7, 51–66.
- BOROS, J. (1962): Adatok a pótharaszti erdő mikroklímátológiai vizsgálatához. *Acta Juvenum* 2, Szeged. 155–164.
- BOROS, J. (1963): Angaben zum Mikroklima des Gebiets „Forrás” von Pótharaszti. *Acta Clim. Univ. Szegediensis* 2–3, 33–47.
- BOROS, J. (1964): A békési szikes talajok néhány sajátosságának összefüggése a talajhőmérséklettel. MTESZ Szegedi Intézőbizottságának Évkönyve, 1964. 313–318.
- BOROS, J. (1966): Temperaturverhältnisse auf Bergwiese und in Tannenwaldbestand an sonnigen Sommertagen. (Jávorkút 1962) *Acta Clim. Univ. Szegediensis* 6, 53–72.
- BOROS, J. (1969): Angaben zur Untersuchung von lokalen Talklimas. *Acta Clim. Univ. Szegediensis* 8, 83–95.
- Földrajzi Szeminárium. (1935–1936) Szeged. No. 1–10.
- HILLE, A. (1925): Repülés közben nyert néhány meteorológiai megfigyelés. *Az Időjárás* 1, (29) 113–115.
- HILLE, A. (1928 a): Magassági kutató felszállások március hóban. *Az Időjárás* 4, (32) 72–75.
- HILLE, A. (1928 b): Magassági felszállások. *Az Időjárás* 4, (32) 112–113.
- HILLE, A. (1929 a): Aerológiai kutatások. *Az Időjárás* 5, (33) p. 13.
- HILLE, A. (1929 b): Magas légköri kutatás repülőgépen április hóban. *Az Időjárás* 5, (33) 98–101.
- HILLE, A. (1930): Magassági kutató felszállások 1929. decemberében. *Az Időjárás* 6, (34) 15–17.
- HORVÁTH, I. (1959): The effect of deep and surface manuring on the temperature and water content of sand soils. *Acta Clim. Univ. Szegediensis* 1, 29–43.
- HORVÁTH, I.—PRÉCSÉNYI, I.—FEHÉR, V. I. (1963): Verwendung mathematisch-statistischer Methoden in der Abgrenzung von Mikroklímaräumen. *Acta Clim. Univ. Szegediensis* 2–3, 3–12.
- HORVÁTH, I.—FEHÉR, V. I. (1965): The lesser maximum of evening temperature. *Acta Clim. Univ. Szegediensis* 4–5, 83–91.
- Iratanyag a szegedi központú meteorológiai hálózat létesítéséről. (1933–1934)
- JUHÁSZ, J. (1964): Adatok a csévharaszti homoki erdő-sztyepp mikroklímájához. MTESZ Szegedi Intézőbizottságának Évkönyve, 1964. 319–327.

- JUHÁSZ, J. (1969): Soil temperature studies in Pótharasz. Acta Clim. Univ. Szegediensis 8, 97—109.
- KISS, Á. (1955): Temperaturextreme auf dem Sande von Üllés. Acta Geogr. Univ. Szegediensis 1, 9—13.
- KISS, Á. (1955): Adatok a futóhomok mikroklímájához. Időjárás 59, 235—238.
- KISS, Á. (1956): Angaben zum Mikroklima des Überschwemmungsgebietes der Theiss. Acta Geogr. Univ. Szegediensis 2, 37—41.
- KISS, Á. (1957): A kert éghajlata. — A Szegedi Tudományegyetem Fűvészkertje. 13—15.
- KISS, Á. (1959): Angaben zur Erwärmtheit einer Sanddüne. Acta Clim. Univ. Szegediensis 1, 55—72.
- KISS, Á. (1964): Mikroklimatikus különbségek egy homokbuckán. Agrármeteorológiai konferencia előadásainak összefoglalói. Kecskemét. 40—43.
- KISS, Á. (1967): Nomographische Methoden mit Verwendung der transversalen azimutalen Projektionen des sphärischen Koordinatennetzes zur Berechnung der Sonnenhöhen über beliebig geneigten Ebenen. Acta Clim. Univ. Szegediensis 7, 67—83.
- KOGUTOWITZ, K. (1927 a): Szeged emberföldrajzi problémái. Föld és Ember 7, p. 1.
- KOGUTOWITZ, K. (1927 b): Az Alföld kutatásának földrajzi problémája. Föld és Ember 7, 176—177.
- KOGUTOWITZ, K. (1933): A Szegedi Alföldkutató Bizottság tevékenysége. Beszámoló az 1926—1932 évekről. V/a melléklet. Szeged.
- KOGUTOWITZ, K. (1943): Környezetmegfigyelés. 1. Időjárás, éghajlat, fenológiai jelenségek megfigyelése egyszerű eszközökkel. Értekezések a m. kir. Horthy Miklós Tudományegyetem Földrajzi Intézetéből. B sorozat 6 (36). Szeged.
- Kogutowitz Károly emlékkönyv. (1939) Szerk.: Wagner Richárd. Szeged. 9—15.
- A MMT (Magyar Meteorológiai Társaság) választmányi ülése folyó évi március hó 9-én. (1926) Az Időjárás 1, (30) p. 53.
- M(ARCZELL) GY(ÖRGY) (1925): A felsőbb légrétegek kutatása. Az Időjárás 1, (29) p. 21.
- MARCZELL GYÖRGY levelezése (1925. II. 7.): Tervezetvázlat a Ferenc-József Tudományegyetem Földrajzi Intézetének meteorológiai állomásáról.
- MARCZELL GYÖRGY levelezése (1925. IX. 11.): közlés egy Budapesten beszerezhető meteorográfáról.
- MARCZELL GYÖRGY levelezése (1926. II. 22.): javaslat a klimatológiai állomás végleges elhelyezésére.
- MARCZELL GYÖRGY levelezése (1928. III. 19.): vélemény a Six-féle minimumhőmérők alkalmazásáról.
- MARCZELL GYÖRGY levelezése (1928. V. 23.): Wagner Richárd budapesti tanulmányútjának előkészítése.
- MÁTYUS, SZ. J. (1953): Magyarország éghajlatának fűledtségi viszonyairól. Időjárás 57, 90—97.
- MÁTYUS, SZ. J. (1953): Magyarország légköri aszályairól. Időjárás 57, 257—265.
- MÁTYUS, SZ. J. (1957): Budapest éghajlatának zordsági viszonyai. Földr. Ért. 6, 45—56.
- MÁTYUS, SZ. J. (1959): A hőmérséklet és a szél együttes vizsgálata a Földön. Földr. Ért. 8, 55—69.
- Meteorológiai tárgyú előadások a magyar egyetemeken 1927/28-i tanévben. (1927) Az Időjárás 3, (31) p. 185.
- PÉCSI, A. (1935—1936): Éghajlati elemek és szellemi tevékenység. Földrajzi Szeminárium 1, 175—181.
- PÉCZELY, GY. (1952): A légnyomás, hőmérséklet és csapadék ritmusairól. Időjárás 56, 226—234.

- PÉCZELY, Gy. (1952): Adatok a nyár és a tél hőmérsékleti ritmusaihoz. Időjárás 56, 296—297.
- PÉCZELY, Gy. (1952): Csapadékhullámok vándorlása Európában. Időjárás 56, 347—352.
- PÉCZELY, Gy. (1953): A téli hőmérséklet változásai az északi félgömbön. Időjárás 57, 193—197.
- R(ÉTHLY) A(NTAL) (1928): Éjjeli prognózisszolgálat. Az Időjárás 4, (32) p. 90.
- R(ÉTHLY) ANTAL (1930): Személyi hírek. Az Időjárás 6, (34) p. 122.
- RÓNA, Zs. (1931): Wagner Richárd: A magyar Alföld szélviszonyai. (Review) Az Időjárás 7, (35) 166—169.
- RÓNA, Zs. (1932): Merre halad a meteorológia? Az Időjárás 8, (36) p. 80.
- SCHILLING GÁBOR levelezése (1927): nyomtatványok kérése Marczell Györgytől önfíró műszerekhez.
- SCHILLING GÁBOR levelezése (1928. VII. 2.): alföldi helységek klímaállomás létesítésére vonatkozó kéréseinek továbbítása.
- SCHILLING GÁBOR levelezése (1929): bejelentés az OMI-nek a naponként két alkalommal történő meteorológiai táviratküldés megkezdéséről.
- SZABÓ, Gy. (1963): Angaben zum Mikroklima der Höhlen bei Lillafüred. Acta Clim. Univ. Szegediensis 2—3, 13—31.
- A Szegedi Kegyesrendi Városi Róm. Kath. Dugonics András Gimnázium Értesítője. 1928—29. isk. év. (1929) Szeged. p. 4.
- Szegedi Napló (1932): Az idő. 8, No. 49. III. 1. p. 6.
- Szegedi Új Nemzedék (1932): Időjárás. 14, No. 49. III. 1. p. 3.
- TELEKI, P. (1927): Bevezető. Széphalom 1, p. 4, 5.
- T(ÓTH) G(ÉZA) (1928): Pilot-észlelések Szegeden. Az Időjárás 4, (32) p. 220.
- Új meteorológiai obszervatórium (1926). Az Időjárás 1, (30) p. 155.
- VÁMOS, R.—ANDÓ, M. (1969): The hydrobiological climatic and pedological factors in the alkalization of soil of the Great Hungarian Plain. Acta Geogr. Univ. Szegediensis 9.
- VÁRADY, IRÉN (1939): Kárpátalja csapadékviszonyai. Kogutowicz Károly Emlékkönyv. Szeged 1939. 461—542.
- WAGNER, R. (1929): Kecskemét vízellátása. A Szegedi Alföldkutató Bizottság Könyvtára 3. szakosztály. No. 7. Szeged. 1—7.
- WAGNER, R. (1930): Kecskemét időjárása 1809-től 1814-ig. Az Időjárás 6, (34) 169—172, 206—207.
- WAGNER, R. (1931): Kecskemét időjárása 1809-től 1814-ig. Az Időjárás 7, (35) p. 36.
- WAGNER, R. (1931): A Magyar Alföld szélviszonyai. A Szegedi Alföldkutató Bizottság Könyvtára 3. szakosztály. No. 9. Szeged. p. 33.
- WAGNER, R. (1935—1936): A szél szerepe az Alföld gázvédelmében. Földrajzi Szeminárium 1, 1—12.
- WAGNER, R. (1935—1936): Árnyék. Földrajzi Szeminárium 1, 80—90.
- WAGNER, R. (1935—1936): Időjárásforduló gyertyaszentelőkor. Földrajzi Szeminárium 1, 111—113.
- WAGNER, R. (1935—1936): Barométeres minimumok Európában. Földrajzi Szeminárium 1, 143—145.
- WAGNER, R. (1937): A ciklonok útvonalai. Búvár 3, 617—619.
- WAGNER, R. (1942): A világegyetem és a Föld. Budapest, pp. 148.
- WAGNER, R. (1951): Légekörtán és klimatológia. Budapest, Egyetemi jegyzet, pp. 108.
- WAGNER, R. (1954): A mikroklima kutatás. Természet és Társadalom 113, 158—160.
- WAGNER, R. (1954): Komplexhőmérséklet. Időjárás 58, 72—77.

- WAGNER, R. (1954): A táj és a légkör. Időjárás 58, 198—207.
- WAGNER, R. (1954): Fluktuáló töbörköd. Időjárás 25, 289—298.
- WAGNER, R. (1955): Az éghajlat fogalmáról. Időjárás 59, 42—44.
- WAGNER, R. (1955): A különböző ökológiai viszonyú területek mikroklímamérési módszerei. Időjárás 59, 165—169.
- WAGNER, R. (1955): A mikroklíma fogalma és módszere a természetföldrajzi kutatásokban. Földr. Ért. 4, 465—475.
- WAGNER, R. (1955): A mikroklímák földrajzi elrendeződése Hosszúbércen. Az Országos Meteorológiai Intézet Hivatalos Kiadványai, 20. kötet. 197—211.
- WAGNER, R. (1956): Mikroklíma. A Magyar Meteorológiai Társaság II. orvosmeteorológiai tanfolyamának előadásai. Budapest. 31—37.
- WAGNER, R. (1956): Adatok a Délkelet-Alföld mikroklímájához. Földr. Ért. 5, 135—160.
- WAGNER, R. (1956): Mikroklímátérsegek és térképezésük. Földr. Közl. Új folyam 4, (80) 201—216.
- WAGNER, R. (1956): A táj fogalma. Földr. Közl. Új folyam 4, (80) 335—354.
- WAGNER, R. (1957): Az erdő klímájáról. Időjárás 61, 117—125.
- WAGNER, R. (1957): Adatok a kopáncsi rizsföldek éghajlatához. Időjárás 61, 266—277.
- WAGNER, R. (1958): A mikroklíma hatása a rizs megbetegedésére. MTA Agrártud. Oszt. Közl. 14. köt. No. 1—3. 234—242.
- WAGNER, R. (1959): Angaben zum Mikroklima der Reisfelder in Kopáncs. Acta Clim. Univ. Szegediensis 1, 3—27.
- WAGNER, R. (1959): Angaben zum Mikroklima von drei Werkstätten in Szeged. Acta Clim. Univ. Szegediensis 1, 73—90.
- WAGNER, R. (1960): Egy bükki töbör felmelegedése és lehülése.\* Az ipari meteorológia kérdései. A (Magyar Meteorológiai) Társaság V. vándorgyűlésének előadásai és tanulmányútjai. Miskolc—Bükk hegység—Eger. 1959 augusztus 28—30. Bp. 1960. 91—104.
- WAGNER, R. (1960): A mikroklíma alakulásának és a bruzzone fellépésének összefüggései. MTA Agrártud. Oszt. Közl. 18. köt. No. 1—2. 226—231.
- WAGNER, R. (1963): Klímátényezők a mező- és erdőgazdaságban.\* A mező- és erdőgazdaság munkaegészségügye. Budapest. 130—140.
- WAGNER, R. (1963): Der Tagesgang der Lufttemperatur einer Doline im Bükk-Gebirge. Acta Clim. Univ. Szegediensis 2—3, 49—79.
- WAGNER, R. (1964): A Szegedi Textilművek klimatizált munkatermének bioklimatológiai vizsgálata. — MTESZ Szegedi Intézőbizottságának Évkönyve, 1964. 329—337.
- WAGNER, R. (1964): Lufttemperaturmessungen in einer Doline des Bükk-Gebirges. — Z. Angew. Meteorologie, Bd. 5, 92—99.
- WAGNER, R. (1965): Die Temperatur des Bodens, des Wassers und der Luft in Kopáncs. I. Teil. Acta Clim. Univ. Szegediensis 4—5, 3—81.
- WAGNER, R. (1966): Die Temperatur des Bodens, des Wassers und der Luft in Kopáncs. II. Teil. — Acta Clim. Univ. Szegediensis 6, 3—51.
- WAGNER, R.—TAKÁCS, L. (1967): Vertikale Temperaturschichtung im Boden und ein mathematisches Modell derselben. — Acta Clim. Univ. Szegediensis 7, 3—49.
- WAGNER, R. (1969): Tagesgänge der Temperatur an Bergwiesen und in Wäldern. Acta Clim. Univ. Szegediensis 8, 33—66.
- WISCHÁN, Z. (1955): Zusammenhänge zwischen dem Salzgehalt und dem Temperaturfaktor des Bodens. — Acta Geogr. Univ. Szegediensis 1, 45—49.
- WISCHÁN, Z. (1956): Mikroklímakutatás a békési szikeseken. — Földr. Ért. 5, 43—53.





## KALTLUFTSEEN IN DEN DOLINEN

von R. WAGNER

*Summary:* In the drainless hollows of the surface, so for instance especially in the dolines of limestone hills, particularly on clear, windless nights, a pond of cold air forms. The cold air accumulates at the bottom of the dolines and on gentle slopes. In the case of near-surface fog formed in a doline the coldest air layer is found in the upper level of the fog. Under similar weather conditions the development of the cold air pond depends on the dimensions relative depth, and vegetation of the doline. The cold air pond develops owing to the shading of the W slope, flowing down of the cold air, and then shading of the doline bottom, while outgoing radiation also plays a role.

*Zusammenfassung:* In den abflußlosen Vertiefungen, so besonders in den Dolinen der Kalksteinberge entsteht jede Nacht, vor allem an heiteren windstillen Nächten, ein Kaltluftsee. Die Kaltluft häuft sich am Dolinengrund und auf sanften Hängen an. Im Falle von in der Doline entstandenem bodennahem Nebel ist die kälteste Luftschicht im oberen Niveau des Nebels zu finden. Unter gleichen Wetterverhältnissen hängt die Entstehung des Kaltluftsees von der Ausdehnung, der relativen Tiefe und der Vegetation der Doline ab. Der Kaltluftsee entsteht infolge der Beschattung des W-Hanges, des Hinabsickerns der Kaltluft und dann der Beschattung des Dolinengrundes, wobei auch die Ausstrahlung eine Rolle spielt.

Mikroklimatologische Untersuchungen wurden in Ungarn unter der Wirkung der Arbeit von R. GEIGER „Das Stationsnetz zur Untersuchung der bodennahen Luftschicht“ schon im Jahre 1927 begonnen. Das Geographische Institut der Universität Szeged hat in Nagykörs, Királyhalom Szarvas und Szeged in 5, 50, 100 und 150 cm Höhe über der Rasenoberfläche eine Serie der sog. Six-Lindenlaub'schen Maximum—Minimumthermometer angebracht und die Beobachtungen wurden Jahre hindurch ausgeführt. Einen weiteren Impuls erhielten die mikroklimatologischen Untersuchungen durch das im Jahre 1927 veröffentlichte grundlegende Werk R. GEIGERS, welches zur Anerkennung eines neuen Zweiges der Klimatologie geführt hatte.

Die Bedeutung der Mikroklimatologie innerhalb der Botanik wurde seitens der ungarischen Botaniker rechtzeitig erkannt und R. Soó hat bereits in 1929 und 1933 von eigenen Beobachtungen berichtet.

In Mittel-Europa wurde die tiefste Temperatur in einer Seehöhe von 1270 m im österreichischen Kalkgebirge in der Doline Gstettneralm bei Lunz a.S. durch WILHELM SCHMIDT gemessen. Außer dem Extremwerte von  $-52,6^{\circ}$  wurden in dieser 150 m tiefen Doline in der Zeit von 1928 bis 1942 am Dolinenboden 27-mal Temperaturen unter  $-40,0$  und 9-mal Temperaturen unter  $-50,0$  gemessen.

Unter dem Einfluß der Methoden und der Ergebnissen W. SCHMIDTS

(1930, 1931) haben N. BACSÓ und B. ZÓLYOMI (1934) an der B ü k k—Hochfläche, in den Dolinen des N a g y m e z ő, in der Zeit vom 8. bis 23. August 1934 Untersuchungen mittels der folgenden Instrumenten ausgeführt: Luft- und Bodenthermometer, Minimumthermometer, Aspirationspsychrometer, Haarhygrometer und Piche'scher Verdunstungsmesser. Obwohl nur eine geringe Zahl von Instrumenten zur Verfügung stand, wurden Beobachtungen an mehreren Stationen ausgeführt; so in 775 m Seehöhe NN des eigentlichen Niveaus des N a g y m e z ő, an den in 766 m und 763 m Seehöhe NN liegenden Dolinenböden, und auch in einer Wasserschlunde (in 761 m Seehöhe NN), sowie an einem Felsenabhang in südlicher Exposition (770 m NN) und in nördlicher Exposition (Seehöhe 783 m NN), und weiter in einem Buchenbestand (890 m NN) und bei der klimatologischen Station in B á n k ú t (880 m NN). Zu Vergleichszwecken wurden die Stationen des klimatologischen Landesbeobachtungsnetzes B á n k ú t und E g e r herangezogen.

Als eines der Ergebnisse dieser Beobachtungsreihe konnten am 17., 18., 20., 21., und 22. August Lufttemperaturen unterhalb 0° nicht nur am Dolinenboden, sondern mit der Ausnahme des 20. August auch im Niveau des N a g y m e z ő verzeichnet werden. Die geringste Temperatur betrug am 17. August vor Sonnenaufgang in der einen Doline —3,8°, in der anderen —3,5° und im Niveau des N a g y m e z ő —2,5°.

Derartig tiefe Temperaturen wurden in Ungarn im Laufe des Sommers noch niemals gemessen. Die Verfasser meinen, *in den Dolinen der Bükk—Hochfläche den kältesten Ort des Landes gefunden zu haben und nach ihrer Ansicht besteht wohl die Möglichkeit, daß in den Dolinen der Nagymező in irgendwelchem Monat des Jahres ein Frost auftreten dürfte.* Beide dieser Annahmen sind wahrscheinlich stichhaltig, und die zweite kann als erwiesen betrachtet werden, namentlich wurde in den letzteren Jahren auf Grund von Beobachtungen, welche in den Dolinen während der Vegetationsperiode durchgeführt wurden, festgestellt, daß in antizyklonalen Lagen die Temperatur am Dolinenboden unter dem Gefrierpunkte gesunken war. So z.B. beobachtete FUTÓ (1962) in einer 18 m tiefen Doline des N a g y m e z ő (in 755 m NN) am 7. Juli 1961 eine Temperatur von —7,8° im 5-cm-Niveau über der Oberfläche. In der selben Doline, welche durch BACSÓ und ZÓLYOMI einmal schon untersucht wurde, konnte am 29. August 1958 in 5 cm Höhe über den Dolinenboden eine Temperatur von —5,4° gemessen werden (WAGNER, 1963).

Die Minima der Lufttemperatur, welche an den Seiten und am Rande der Dolinen gemessen wurden, waren in jedem Falle höher als die am Dolinenboden; hieraus folgt, daß diese im Sommer beobachteten Extremwerten einen Beweis für die Existenz der sich in den Dolinen ausbildenden Kaltluftseen liefern.

Die Dolinen bilden eine charakteristische Formation der Kalksteingebirge, und haben zur Folge die Ausgestaltung von Kaltluftseen, indem dieselben geschlossene Gebilde darstellen, aus welchen die angehäuften kalten Luft keinen Abfluß findet. Die Forscher, die sich mit der Ausbildung der Kaltluftseen befassen, stimmen miteinander überein in der Auffassung, daß das Terrain abflußlos sein muß, obwohl es einige unter ihnen gibt, die mit der Auffassung nicht einverstanden sind, daß die sich an den Gipfeln und an den Hängen abkühlende Luft nach den unteren Teilen der Becken abfließen müsse. SAUBERER und DIRMHIRN (1953, 1956) haben gerade auf Grund ihrer Untersuchungen in der Doline Gstettneralm festgestellt, daß der am Hange

abfließenden Luft keine *wesentliche* Rolle zukommt und ersehen die Erklärung der extrem niedrigen Temperaturen in der Ausstrahlung. BERG (1951) betrachtet die Ausbildung des Kaltluftsees ebenfalls als unabhängig vom Kaltluftabfluß am Hange, zumal nach diesem Verfasser die am Hange abfließende Luft eine höhere Temperatur beibehält und es kann sogar eine adiabatische Erwärmung derselben angenommen werden.

Andere Forscher, wie hierzulande G. ENDRÓDI (1961, 1962, 1964) sind der Ansicht, daß außerhalb der Ausstrahlung auch dem Abflusse der kalten Luft entlang des Hanges eine Rolle zukommt. Dies wurde durch G. ENDRÓDI aus den in den Jahren 1959 und 1962 in Tihany ausgeführten Messungen belegt.

Es gibt keinen Zweifel darüber, daß bei der Ausbildung des Kaltluftsees eine wesentliche Rolle der Horizonteinschränkung zukommt, bei der Erwärmung ist dagegen die Exposition nach verschiedenen Himmelsrichtungen von Wichtigkeit. Die Hauptachsen der Dolinen im B ü k k —Gebirge liegen annähernd in der Richtung W—E und als ein charakteristischer Umstand muß es angesehen werden, daß die nach E exponierten Hänge steil, hingegen die nach W exponierten Hänge weniger steil sind. Die nach S exponierten Hänge sind weniger gegliedert, die nach N exponierten sind recht wechselvoll, besitzen in vielen Fällen Einsenkungen, und es gibt auch steil hervorragende Felsenklippen. Am Hange an der westlichen Seite (d. h. mit Exposition nach E) finden wir meistens auch herausragende Felsen. Die Elongation der Sonne und die verschieden orientierten und verschieden steilen Hänge der Doline führen zu einer abwechslungsreichen Gestaltung der Erwärmung und der Abkühlung der Doline. Die Folge ist, daß im Sommer die Hänge an der Nordseite zuerst eine direkte Einstrahlung genießen, und folglich ist dies die Stelle, wo die Erwärmung des Luftraumes der Doline einsetzt und für eine kurze Zeit ist dies der wärmste Teil der Doline. In der H o s s z u b é r c e r Doline wurde am 22. August 1959 schon um 6<sup>h</sup> beobachtet, daß bereits die E, NE und N Hänge die wärmsten sind. Zu dieser Zeit besitzt der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen an diesen Hängen einen um 15—20° höheren Wert, als an einer horizontalen Fläche, an den südlichen und südwestlichen Seiten ist aber dieser Wert um einige Grade geringer. In der Zeit von 8<sup>h</sup> bis 12<sup>h</sup> ist der Dolinenboden am wärmsten, dann wird der östliche Teil der Doline der wärmste. In der WNW—ESE gerichteten Achse der Doline ist die kälteste Luft am Boden zu finden und von hier gegen Norden und Süden gibt es um einige Grade höhere Temperatur (WAGNER, 1963).

Durch die im Laufe des Tages erfolgende Erwärmung der verschieden exponierten Hänge werden die Lufttemperaturverhältnisse im Luftraum der Doline sehr wechselvoll gestaltet. Dazu kommt noch die Schattenwirkung, die von Süden her durch den mit einem Buchenbestande bedeckten Berg H o s s z u b é r c und von Westen her durch der Wand der Doline hervorgerufen wird. Der Waldrand gelangt schon um 8<sup>h</sup>30<sup>m</sup> in Schatten, dann wird der südwestliche und später der westliche Teil der Doline beschattet und ab 13<sup>h</sup>45<sup>m</sup> erhält auch der Dolinenboden nur mehr eine Streustrahlung. In den beschatteten Gebieten verändert sich die Strahlungsbilanz und die Ausstrahlung übernimmt die Oberhand. Im oberen Drittel des nach N exponierten Hanges erreicht der vertikale Temperaturgradient um 11<sup>h</sup> schon einen negativen Wert, und dieser Zustand erstreckt sich um 12<sup>h</sup> schon auf die obere Hälfte des Hanges, und um 14<sup>h</sup> besteht er schon in der ganzen Länge des Hanges und auch auf dem Hange mit Exposition nach E.

An diesen Hängen ist die Luftschicht schon von 7—8<sup>m</sup> ab kühler als am Dolinenboden und bis 12<sup>m</sup> erreichen die Temperaturunterschiede Werte bis zu 5—6°. Von den beschatteten Hängen sickert die kalte Luft in die noch direkt bestrahlte Doline hinein, wo schon um 13<sup>h</sup> eine Temperaturabnahme auftritt, obzwar zur selben Zeit in den anderen, noch eine direkte Bestrahlung erhaltenden Teilen der Doline die Temperatur des bodennahen Luftraumes noch ansteigt. In den beschatteten Gebieten ist der vertikale Temperaturgradient überall negativ, und nach der Beschattung (um 13<sup>h</sup>45<sup>m</sup>) setzt diese Veränderung auch am Dolinenboden ein, obzwar hier noch die Temperatur um einige Zehntelgrade höher ist als am Hange.

Zwischen den beschatteten und den sonnigen Teilen der Doline setzt nun ein turbulenter Luftaustausch ein. Die Temperaturunterschiede zwischen diesen Teilen der Doline betragen bis zu 5—6°. Ein Beweis für das Vorhandensein dieses Luftaustausches liefert die Tatsache, daß an den nach N und E exponierten Hängen in Bodennähe (10 cm) die Temperatur schon abnimmt, wogegen zur selben Zeit (in 150 und 300 cm Höhe) vorübergehend noch eine Temperaturzunahme vorhanden ist.

In kurzer Zeit (um 15<sup>h</sup>) wird der beschattete Dolinenboden der kühls-teil der gesamten Doline. Zu dieser Zeit wird die Doline noch durch eine NW—SE gerichtete Schattengrenze zweigeteilt und an den sonnigen Hängen (wo der vertikale Temperaturgradient einen positiven Wert besitzt) ist es um 4—5° wärmer.

Man sollte erwarten, daß am Dolinenboden der Kaltluftsee störungsfrei zu Stande komme. Demgegenüber wird nach der Beschattung der Doline unter der Einwirkung der zunehmenden Ausstrahlung am milden Peripheriahange der Doline (4°) die Luft am stärksten abgekühlt. Der Grund dafür besteht darin, daß an der Bergwiese (*Festucetum ovinae*), durch welchen die Doline bedeckt ist, hier die *Nardus stricta* die Oberhand erhält. Diese Pflanze begünstigt durch ihre sehr dünnen, aber dicht wachsenden Blätter die Abkühlung. In der Überlenkung der kühls-ten Luft auf den milden Östhange besitzt wahrscheinlich auch der Umstand eine Rolle, daß hier der Raumwinkel der Ausstrahlung ein größerer ist, als am Dolinenboden, wo die Ausstrahlung durch die steileren Dolinenwände in S, W, und N beschränkt wird. Nach Sonnenuntergang wird die ganze Doline stufenweise mit kälterer Luft ausgefüllt.

Die oben erwähnte Doline H o s s z ú b é r c wird von Süden her durch einen Bergzug begrenzt, der von einem 110 Jahre alten Buchenbestand bedeckt ist, und dies bewirkt eine bedeutende Horizonteinschränkung (von 46°). In den anderen Dolinen des B ü k k—Gebirges, bei welchen die Tagesbeschattung aus Süden eine geringere ist, kommt die Rolle des verhältnismäßig steilen westlichen Hanges zur Geltung.

Auch in diesem Falle erfolgt im Sommer die Ausgestaltung des Kaltluft-sees in vier Etappen:

1. Beschattung des nach E exponierten Hanges, mit Auftreten eines negativen vertikalen Temperaturgradienten.
2. Beschattung des Dolinenbodens, mit Auftreten einer negativen Wärmebilanz.
3. Beschattung des östlichen Teiles der Doline, mit einem Übergewicht der Ausstrahlung auch in diesen Teilen.
4. Nach Sonnenuntergang die Ausfüllung der ganzen Doline mit Kaltluft.

Die Zeitdauer der Bildung der Kaltluft ist von der Horizonteinschränkung und von der Elongation der Sonne abhängig. In der H o s s z ú b é r c e r Doline, bei der die Horizonteinschränkung eine gewaltigere ist, geraten die nach NE und E exponierten Hänge schon am Vormittag in den Schatten, somit spielt sich die erste Etappe der Bildung des Kaltluftsees zwischen 9<sup>h</sup> und 13<sup>h</sup>45<sup>m</sup> ab. Hingegen kann man bei der K ö z é p é r c e r Doline, bei welcher die Horizontbeschränkung eine geringere ist, diesen Vorgang an einem Augusttage zwischen 13<sup>h</sup>45<sup>m</sup> und 17<sup>h</sup> beobachten. Unter gleicher geographischen Breite erfolgt der Sonnenuntergang und der Sonnenaufgang zur gleichen Ortszeit, somit besitzt die letzte Etappe der Ausbildung des Kaltluftsees die gleiche Länge, dagegen sind die Längen der ersten drei Etappen von der Horizonteinschränkung des westlichen Sektors der Doline abhängig. *Scmit ist bei den morphologischen Formen, durch welche die Bildung der Kaltluftseen begünstigt wird, vorzüglich die gegenseitige Relation der östlichen und westlichen Hänge bestimmend.* Sind die westlichen Hänge steil und die östlichen weniger steil, dann setzt rascher die Bildung eines Kaltluftsees ein, als im entgegengesetzten Falle.

*An heiteren windstillen Nächten bildet sich in den Dolinen immer ein Kaltluftsee aus, und die kälteste Luft nimmt, nach den weniger steilen Hängen sich ausbreitend, den Dolinenboden ein.* Bildet sich aber ein Bodennebel (und die Ausbildung desselben beginnt am Boden der Doline) dann hat man oberhalb des Nebels, deren Oberfläche die Rolle einer sekundären Ausstrahlungsfläche spielt, eine geringere Temperatur als am Dolinenboden. Die Ausstrahlung aus dem Dolinenboden wird durch die Nebelschicht vermindert, demzufolge bildet sich in der bodennahen Luftschicht eine Temperaturinversion aus. Oberhalb der Nebelschicht ist die Temperatur niedriger und an den Hängen der Doline sind die Minimaltemperaturen an den Niveaulinien, welche der Höhe der Nebelschicht entsprechen, ebenfalls niedriger als am Boden der Doline (WAGNER 1963, WAGNER 1964).

Nach warmen Tagen, wenn die bodennahe Luftschicht einen hohen absoluten Wasserdampfgehalt aufweist, kann die Erscheinung des sog. *fluktuierenden Dolinnennebels* beobachtet werden. Diese nur einige Dezimeter starke Nebelschicht bildet sich am Dolinenboden. Infolge der Taubildung an den Pflanzen wird diese Nebelschicht vorübergehend aufgelöst, dann wird infolge der weiteren Abkühlung und entlang der *Nardetum*—Streifen, welche eine kräftigere Ausstrahlung bewirken, jetzt der Nebel auch schon an den Hängen der Doline neugebildet. Im Laufe der neueren Taubildung und der damit einhergehenden Nebelauflösung hat der Zuschauer den Eindruck, daß der Nebel sich auf den Dolinenboden zurückgezogen habe. Mit der weiteren Abkühlung erstreckt sich der Nebel weiter nach oben entlang der Hänge, dann erfolgt eine neuere Nebelauflösung. Im Laufe der weiteren Abkühlung gestaltet sich aus dem Nebel in der bodennahen Luftschicht ein Bodennebel und erfüllt das ganze Tal. Diese rhythmische Abwechslung von Nebelbildung und Auflösung kann auch in den Veränderungen der bodennahen Temperaturen verfolgt werden (WAGNER 1954).

Die Nebelbildung in der Doline vollzieht sich in sehr wechselvoller Weise. Natürlich ist sie von den Ausstrahlungsverhältnissen abhängig und es kommt vor, daß die Doline nicht vollständig von dem Nebel ausgefüllt wird, in solchem Falle ist in den oberen nebelfreien Teilen der Hänge der Doline die Abkühlung kräftiger als in den inneren Teilen der Doline, welche durch die

Nebelschicht geschützt werden. So hatte man z. B. am 10. Juli 1954 (in 5 cm Höhe) am Dolinenboden eine Minimumtemperatur von  $-1,8^{\circ}$ , und 15 m höher, am wenig steilen Osthange, eine solche von  $-3,5^{\circ}$ . Dies scheint zu beweisen, daß bei Nacht die Bildung der Kaltluftseen in erster Reihe durch die Ausstrahlung bestimmt wird.

Im Gebiet von K u r t a b é r c gibt es zwei Dolinen, welche in der Luftlinie nur 100 m von einander entfernt sind, doch ergab sich ein wesentlicher Unterschied in den Minima der Lufttemperaturen. Der Grund liegt in der Verschiedenheit der Vegetation. Obzwar in beiden Dolinen die vorwiegend Vegetationsform die Bergwiese ist (*Festucetum ovinae*), doch gibt es im Fall der Doline A nur am Ostrande einen Nadelholzwald, an den anderen Teilen ihres Gebietes stehen nur einige, 8–10 Jahre alte Nadelholzbäume. Doline B befindet sich innerhalb eines Waldes und die Hänge waren nur bis zur halben Höhe (10 m) baumlos, der übrige Teil war durch einen schönen, 7 Jahre alten Buchenbestand bedeckt. Dementsprechend war der Himmel in jeder Richtung unter einem Winkel von etwa  $45^{\circ}$  sichtbar. Nach den Angaben des Sonnenscheindauermessers erhielt der Dolinenboden in der Zeit von 10–14 eine direkte Sonnenbestrahlung.

Beide Dolinenböden liegen in der selben Seehöhe (730 m), doch ist ihre relative Tiefe verschieden. Der Hang der Doline A erreicht nach N eine Höhe von 18 m, nach S eine Höhe von 14 m, dagegen liegt bei Doline B der Dolinenrand allgemein in 20 m Höhe. In allen Fällen war der Boden der Doline A kälter, an heiteren Tagen betrug der Unterschied etwa  $4^{\circ}$ . In der kältesten Nacht (24. August 1961) betrug die Lufttemperatur in 5 cm Höhe an Dolinenboden in der Doline A  $-3,8^{\circ}$ , in der Doline B  $0,0^{\circ}$ .

In der Doline B, infolge der raschen Beschattung der gesamten Doline erfolgt die Abkühlung der S- und W-Hänge nur kurz vor der Beschattung des Dolinenbodens, somit kann das Heruntersickern der abgekühlten Hangluft nur eine kurze Zeit lang andauern. Durch den unbegrenzten Wald wird die Ausstrahlungsfläche der Doline wesentlich eingeschränkt.

Etwa 40 m nach E von der Doline A liegt die Doline C, und zwar 6 m höher (736 m). Hier betrug das Temperaturminimum der bodennahen Luftschicht am 14. August 1961 den Wert von  $-6,6^{\circ}$ , gleichzeitig hatte man am Dolinenboden der Doline A einen Wert von  $-5,8^{\circ}$ . Die beiden Dolinen sind Uvalenartig miteinander verbunden, die Doline C wird durch einen 9 m hohen Sattel vom Bodenniveau der Doline A getrennt und die Tiefe der Doline C gegenüber dieses Sattels ist 3 m. Doch ist das Einzugsgebiet der Kaltluft etwa zehnmal größer bei der Doline C als bei der Doline A. In einem solchen Falle besitzt der Abfluß der Kaltluft sicherlich eine wesentliche Rolle, wie darauf auch von BOLZ (1951) hingewiesen wird.

Minima der Luft- und der Bodentemperaturen treten in den Dolinen bei heiterem Wetter nahezu zur gleichen Zeit auf. Am Dolinenboden, am Rande der Doline, sowie an den Hängen entlang der Isohypsen von 6 m und 9 m treten die Minima der Lufttemperatur zur Zeit des Sonnenaufganges, die der Bodentemperatur (in 2 cm Tiefe) um 5 Uhr auf. Die Untersuchungen, welche in der K ö z é p b é r c e r Doline durchgeführt wurden, (in den Jahren 1965 und 1966) beweisen, daß der Zeitpunkt des Eintretens der Temperaturmaxima durch die an den verschiedenen exponierten Hängen eingestrahltene Energiemenge bestimmt wird. Zur Zeit der Ausbildung der Maxima der Lufttemperatur erhält freilich die sich im Luftraum des Tales abspielende Advektion sowie der

urbulente Luftaustausch innerhalb der Doline eine wesentliche Rolle. Doch ist es bezeichnend, daß die Maxima der Lufttemperatur an den nach E exponierten Hängen zwischen 9—11<sup>h</sup>, an den nach S exponierten Hängen um 1<sup>h</sup>, an den nach W exponierten Hängen um 15<sup>h</sup>, an den nach N exponierten Hängen um 16<sup>h</sup> eintritt. Als Folge der Elongation der Sonne kann im letzten alle eine geringe Temperaturwelle gegen 9<sup>h</sup> erkannt werden, dagegen hat man an den nach E exponierten Hängen ein sekundäres Maximum der Lufttemperatur zwischen 14—15<sup>h</sup>.

Gleichzeitig mit diesen Untersuchungen wurde eine Klimastation errichtet. Im Temperaturgang derselben findet sich zwischen 16—17<sup>h</sup> ein Maximum. Im Durchschnitt der heiteren Tage hat man einen Wert von 24,6°, das Minimum tritt zwischen 4—5° mit 10,2° ein. Die Maxima der Lufttemperatur in 0 cm Höhe übertreffen in allen Expositionen die Mittelwerte der Klimastation, und die Minima sind wesentlich (um 6—8°) tiefer (Siehe Tabelle 1.).

Nach Angaben der Thermometer, welche an 9 verschiedenen orientierten Hängen bis zu 5 m über der Oberfläche angebracht wurden, ergibt sich die stärkste Erwärmung bei einer Exposition nach S (28,0°), die geringste bei einer Exposition nach E, und nur an zweiter Stelle am S-Hang. Wird die ganze Doline betrachtet, so hat man die niedrigsten Maxima am Dolinenrande (24,9°) und am Dolinenboden (25,3°).

Die Minima der Lufttemperatur sind im 10-cm-Niveau die geringsten am Dolinenboden (1,6°) und die höchsten am Dolinenrande (4,8°). Noch beträchtlicher ist der Unterschied zwischen den beiden Messungsstellen im 5-cm-Niveau: 3,7° gegenüber von 7,6°. Dies ist durch die für die Doline bezeichnende Kaltluftanhäufung erklärlich.

Noch prägnanter zeigen sich die Unterschiede zwischen den Hängen verschiedener Orientierung, und zwischen dem Dolinenboden und dem Dolinenrande in den Bodentemperaturen. Im Tagesgang derselben findet man nur ein einziges Maximum, namentlich in der Exposition nach E um 10—11<sup>h</sup>, in der Exposition nach S um 12—14<sup>h</sup>, am dolinenrande um 13—14<sup>h</sup>, am Dolinen-

*Tabelle I.*  
*Maxima und Minima der Lufttemperatur, °C Mittelwerte der heiteren Tage*  
*(6—9. August 1965)*

Kurtabére

	Höhen der Thermometer, cm	Himmelsrichtungen							Dolinenboden	Dolinenrand
		54°	90°	148°	180°	246°	316°	360°		
Maxima	10	27,4	26,6	27,8	27,1	27,6	28,0	28,0	25,3	24,9
	50	25,5	25,6	26,1	25,3	24,3	26,4	27,3	24,2	23,7
	100	24,7	25,4	25,6	24,6	23,5	25,5	25,4	23,9	23,3
	300	24,3	24,6	25,3	24,2	23,3	25,1	25,0	23,8	23,3
	500	23,9	24,2	24,9	23,9	23,3	24,9	24,7	23,1	22,8
Minima	10	3,1	3,2	1,7	2,8	4,1	2,9	3,3	1,6	4,8
	50	3,5	3,5	2,8	3,1	4,3	4,0	4,0	3,0	4,8
	100	4,5	3,8	3,5	3,4	4,5	4,5	4,1	3,2	5,5
	300	5,0	4,1	4,3	3,8	4,6	4,6	4,7	3,5	6,7
	500	5,2	4,4	4,7	4,5	4,7	4,9	5,2	3,7	7,6

Tabelle II.

*Maxima und Minima der Bodentemperatur, Mittelwerte der heiteren Tage  
(6—9. August 1965)*

Kurtabérc

	Tiefe der Thermometer, cm	Himmelsrichtungen							Dolinenboden	Dolinenrand
		54°	90°	148°	180°	246°	316°	360°		
Maxima	2	26,2	27,7	22,6	19,1	18,3	28,6	28,0	25,6	26,4
	5	23,5	22,6	21,5	16,6	17,8	25,5	27,2	21,7	22,3
	10	20,9	19,3	19,3	16,2	16,8	22,9	23,6	19,4	20,5
	20	18,0	16,7	17,1	14,3	16,7	20,0	19,5	16,7	18,6
	30	16,6	15,5	16,1	14,0	16,5	18,2	17,9	16,1	17,7
Minima	2	13,3	11,9	12,9	11,5	13,0	12,6	14,2	12,3	13,0
	5	14,2	13,8	13,4	12,1	13,6	14,5	14,5	14,3	14,8
	10	15,2	14,9	14,8	13,6	13,8	15,6	15,0	15,4	15,4
	20	15,8	15,4	15,4	13,8	14,7	17,1	16,3	15,9	16,2
	30	16,0	15,3	15,6	13,8	14,9	16,9	16,8	15,8	16,3

boden um 14—15<sup>h</sup>, in der Exposition nach W um 15<sup>h</sup> und in der Exposition nach N um 16<sup>h</sup>, Die Minima, ebenfalls in 2 cm Tiefe, treten um 5<sup>h</sup> auf.

Wird die oberste 30 cm starke Bodenschicht in Betracht gezogen, so sind am wärmsten die Hänge, welche nach S und SE exponiert sind, und die kältesten sind dieselben von einer Exposition nach N und W. Diese Unterschiede finden sich sowohl in den Maxima, wie auch in den Minima der Bodentemperatur (S. Tabelle II.).

Die Stärke der Erwärmung und der Abkühlung des Bodens, sowie die Zeitpunkte des Auftretens der Maxima der Bodentemperatur, stehen in Zusammenhang mit der auf die Seitenwände der Doline einfallenden Strahlung. Der Bodentemperatur-Unterschied, der zwischen dem Dolinenrande und dem Dolinenboden besteht, (beide auf eine Horizontalfläche bezogen) ergibt sich aus der unterschiedlichen Sonnenscheindauer (am Dolinenrande 13,3 Stunden, am Dolinenboden 11,6 Stunden).

Die Bodentemperaturangaben bieten eine ausgezeichnete Möglichkeit für die Unterscheidung der Mikroklimaten in der Doline, und dieselben können durch Heranziehung anderer mikroklimatischen Angaben noch verfeinert werden.

Dabei müssen wir auf die Lufttemperatur-Angaben des Dolinenrandes und des Dolinenbodens zurückkommen. In den Maxima zeigt sich ein Gegensatz im Vergleich zu den Bodentemperaturen, indem der Dolinenboden, infolge seiner mehr geschlossenen Lage und infolge der Mikroadvекtion, die sich innerhalb der Doline abspielt, wärmer ist, als die Luftschicht über dem Dolinenrande, welche noch auch unter dem Einfluß der äußeren Advекtionen steht. Mehr bezeichnend ist der große Unterschied, der in den Temperaturminima zu finden ist, was ein Beweis für das Absickern der Kaltluft nach dem Dolinenboden darstellt.



Auf Grund dieser Tatsachen kann es festgestellt werden, daß sich in den Dolinen des Bükk-Gebirges jede Nacht ein Kaltluftsee bildet. Auch an bewölkten, sogar regnerischen Tagen ist die Temperatur der Luft am Dolinengrund niedriger als an den Seiten oder am Rande der Doline. Unter gleichen Wetterverhältnissen wird die Anhäufung der Kaltluft von der Ausdehnung des Gebietes, von seinen relativen Tiefe, seiner Vegetation und von den Schattenverhältnissen der Westhänge beeinflusst.

## LITERATUR

- Aichele, H.* (1953): Kaltluftpulsationen. Meteorologische Rundschau.
- Bacsó N.—Zólyomi B.* (1934): Mikroklima és növényzet a Bükk-fensíkon. Az időjárás 38.
- Berg, H.* (1951): Klein Klimatologische Messungen im Höhen Venn. Zeitschrift für Meteorologie. Bd. 5.
- Bolz, H. M.* (1951): Der Einfluß der infraroten Strahlung auf das Mikroklima. Abhandlungen des Meteorologischen Dienstes der DDR.
- Endrődi G.* (1961): A domborzat hatása a hőmérséklet alakulására a Tihanyi félszigeten. Időjárás 65.
- Endrődi G.* (1961): Hideg légtavak a Tihanyi félszigeten. Időjárás 65.
- Endrődi G.* (1964): A hideg légtavak hőmérsékleti viszonyai a Tihanyi félszigeten. Beszámoló az 1963-ban végzett tudományos kutatásokról II. O. M. I. Budapest.
- Endrődi G.* (1965): A terepklimatológiai kutatások módszereinek alapvető kérdései. Időjárás 69.
- Futó J.* (1962): Mikroklimatikus mérések a Nagymezőn Földrajzi Értesítő XI.
- Geiger, R.* (1923—27): Das Stationsnetz z. Untersuchung d. bodennahen Luftschicht. Deutsch. Met. Jahrb. f. Bayern. 1923—27.
- Geiger, R.* (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.
- Huss, E.* (1955): Kleinraummeteorologische Studien im Federseegebiet in Strahlungsnächten. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B. Bd. 6.
- Lehmann, P.* (1952): Abkühlung und Erwärmung im nächtlichen Kaltluftfluß. Berichte des Deutschen Wetterdienstes in US-Zone. Nr. 18.
- Plaatschke, J.* (1953): Zur Bildung der Kälteseen in Tälern und Mäulen. Zeitschrift für Meteorologie. Bd. 7.
- Reiher, M.* (1963): Nächtlicher Kaltluftfluß an Hindernissen. Biokl. B. 3.
- Sauberer, F.—Dirmhirn, I.* (1953): Über die Entstehung der extremen Temperaturminima in der Doline Gstettner-Alm. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B. Bd. 5.
- Sauberer, F.—Dirmhirn, I.* (1956): Weitere Untersuchungen über die Kaltluftsammlungen in der Doline Gstettner-Alm, bei Lunz. Wetter und Leben, Jg. 8.
- Schmidt, W.* (1930): Die tiefsten Minimumtemperaturen in Mitteleuropa. Naturw. 18.
- Schmidt, W.* (1933): Neue Wege met. Forschung u. i. Bedaut. f. Praxis u. Leben. Deutsche Forschung 18.
- Soó, R.* (1929): Experimental-ökologische Studien am Balaton. Math. Naturw. Berichte aus Ungarn.
- Soó, R.* (1933): A Balatonvidék növényközvetkezőeteinek szociológiai és ökológiai jellemzése. Math. Természettud. Ért.
- Wagner, R.* (1954): Fluktuáló töbörköd. (Fluktuierende Dolinenebel) Időjárás 58.
- Wagner, R.* (1955): A mikroklimák földrajzi elrendeződése Hosszúhárcen. OMI Beszámoló.
- Wagner, R.* (1956): Mikroklimatárségek és térképezésük. Földrajzi Közlemények 80.

- Wagner, R.* (1963): Der Tagesgang der Lufttemperatur einer Doline im Bükk-Gebirge. Acta Climatologica II.—II.
- Wagner, R.* (1964): Lufttemperaturmessungen in einer Doline des Bükk-Gebirges. Zeitschrift für Angewandte Meteorologie. 5.

# ÜBER DIE THERMISCHE TEMPERATURSCHICHTUNG IN BERGTÄLERN

VON BARBARA OBREBSKA — STARKEL

**Zusammenfassung:** Auf Grund seiner eigenen Beobachtungen und der bisherigen Resultate anderer Forscher in der Forschung der nächtlichen Temperaturschichtung stellt die Verfasserin fest, dass sich die nächtliche Temperaturschichtung in Tälern aller Art (ohne Hinsicht auf die Höhe über dem Meeresspiegel) folgendermassen gestaltet: 1. die Inversionsschicht des Talgrundes, 2. die warme Hangzone, 3. die Gipfelzone. Nach der Meinung der Verfasserin kann die obere Grenze der Inversionsschicht als das wärmste Niveau des Temperaturprofils des Tales angesehen werden. Da die Nachttemperatur in der warmen Hangzone mit der Höhe abnimmt, kann nach der Meinung der Verfasserin als obere Grenze der warmen Hangzone die Höhe bezeichnet werden wo die Temperatur noch höher ist als die tiefste Temperatur des Talgrundes.

Die Änderungen der Temperaturkennzeichen in der Gipfelzone sind in Zusammenhang mit den Temperaturveränderungen der freien Atmosphäre.

**Summary:** On the basis of her own observations and the results of other workers in the observation of the nocturnal temperature layers the author states that the nocturnal temperature stratification develops (regardless of the altitude above sea level) in the following way: 1) the inversion layer of the valley bottom, 2) the warm slope zone, 3) the summit zone. In the author's opinion the upper boundary of the inversion layer may be regarded as the warmest level of the temperature profile of the valley. The author thinks that since the nocturnal temperature decreases with growing altitude in the warm slope zone, the altitude where the temperature is even higher than the lowest temperature of the valley bottom may be regarded as the upper limit of the warm slope zone. The changes of the temperature characteristics in the summit zone are connected with the temperature changes of the free atmosphere.

Die lokalen, unterschiedlichen, durch das Relief der einzelnen Talformen bedingten thermischen Verhältnisse weckten seit je das Interesse vieler Praktiker (u.a. der Gärtner, Forstleute und Architekten) und sind seit den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts Gegenstand klimatologischer Beobachtung geworden.

A. I. WOJEJKOW wies bereits um das Ende des XIX. Jhs. auf die Unterschiedlichkeiten der Temperaturschwankungen im Tagesgang in verschiedenen Teilen der Täler und Kessel hin. Die erste, quantitative Beurteilung jedoch und eine Charakteristik der Raumverteilung der Nachttemperaturen im Tal, brachte erst im Jahre 1918 F. D. YOUNG (nach GEIGER, 1961). Dieser führte eine Reihe von Messungen am Hang von San José im Pomona-Tal (USA) durch und stellte dabei das Auftreten minimaler Lufttemperaturen an der Sohle von Konkavformen und ihre Wertzunahme Hangaufwärts fest.

Diese und spätere Forschungen sowie Sondierungsergebnisse in verschie-

denen Taltypen verallgemeinernd, bearbeitete R. GEIGER (1961) ein Schema der Unterschiedlichkeit der Lufttemperatur im Tal während wolkenloser und windstiller Nächte. Infolge starker Ausstrahlung am Talboden bildet sich ein Kaltluftsee, der durch die an den Hängen gravitationsmässig herabsinkende kalte Luft gespeist wird. Der Luftabkühlungsprozess verläuft auch verhältnismässig stärker auf Hochebenen, Kuppen und Bergrücken als an den Hängen infolge der dort herrschenden besseren Luftstagnierungsbedingungen. Infolge dieser Innentalzirkulation entsteht eine warme Hangzone (thermal belt), die ihr Vorhandensein dem dynamischen Herabsinkungsprozess der Luft und dem Abwandern der abgekühlten Luft gegen Senken verdankt. Ein wesentliches Merkmal der warmen Luft in dieser Schicht ist die Mikroturbulenz.

Seit einem halben Jahrhundert zielen also die Forschungen der Klimatologen darauf hin, folgendes festzustellen:

1. den vertikalen Bereich und das Ausmass jeder einzelnen der erwähnten Schichten in Abhängigkeit von den morphometrischen und morphographischen Eigenschaften der Täler,
2. die Intensität der lokalen Zirkulationsprozesse und die Gestaltung der thermischen Unterschiede in den einzelnen Taltypen im Tages- und Jahresgang unter Berücksichtigung der Wetterlage.

Der vorliegende Aufsatz verfolgt das Ziel, die wichtigsten Forschungsergebnisse über die thermische Dreischichtung, insbesondere das Ausmass der Inversionsschicht in ausgewählten Bergmassiven darzustellen und zu vergleichen.

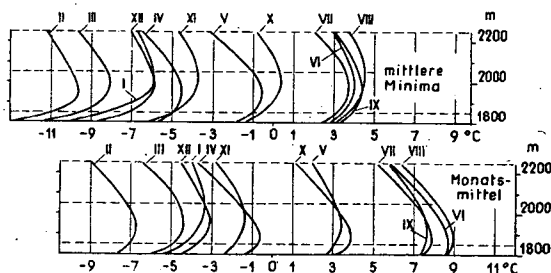
### **Einige Forschungsergebnisse über die Unterschiedlichkeiten der Nachtlufttemperaturen in Tälern**

Die meisten Bewertungen der thermischen Lufttemperaturschichtung stützen sich auf kurzdauernden Beobachtungsreihen. Zur Aufklärung dieses Problems haben die österreichischen und deutschen Forscher viel beigetragen. Einer der ersten war W. SCHMIDT (nach KOCH, 1961), welcher seit 1930 Untersuchungen in der Umgebung von Wien führte. In den Jahren 1931 und 1932 nahm das Autorenensemble R. GEIGER, M. WOEFFLE und L. P. SEIP (nach GEIGER, 1961) dieses Problem im Bayerischen Wald wieder auf, in dem sie die Messungen im Bereich des Grossen Arbers konzentrierten. Nach 1950 führten A. BAUMGARTNER, G. HOFMANN, G. KLEINLEIN und G. WALDMANN (nach GEIGER, 1961) in derselben Berggruppe die Arbeiten weiter, und prüften die thermischen Verhältnisse der Hänge des Grossen Falkensteins. Besondere Beachtung verdienen die auf dem WSW-Hang des Grossen Falkensteins (622 bis 1307 ü.d.M.) gesammelten Daten basierenden Ergebnisse A. BAUMGARTNERS. An Hand des von diesem Forscher angeführten Stundenmittelwert vom Mai 1955 bringe ich ein Diagramm aus welchem hervorgeht, dass die maximalen Temperaturmittel nachts am Hang etwa 170 m über der Talsohle (also 796 ü.d.M.) auftraten. Der Unterschied des Temperaturwertmittels zwischen diesem Hangpunkt und der Talsohle schwankte zwischen 2,0° um 20<sup>h</sup> und 4,5° um 4<sup>h</sup> und um 6<sup>h</sup> (Abb. 1). Diese Daten spiegeln ebenfalls die Haupteigenschaften des Bildungsprozesses der thermischen Dreischichtung im Talbereich infolge Ausstrahlung wider. Der stärkste Luftabkühlungsprozess spielte sich am Talboden und im Bereich sanft geneigter Partien am Fuss des Hanges in einer Höhe von 36 m über dem Tal-

Abb. 1. Vertikale Lufttemperaturverteilung auf Grund der Stundenmittelmerte vom Mai 1955 am Westhang des Grossen Falkenstein (nach A. BAUMGARTNER).

Erläuterung der Bezeichnungen:

1 — von 20 Uhr stammende Angaben, 2 — Angaben von 4 Uhr



boden ab, wo das Mittel des Temperaturabfalls zwischen 20<sup>h</sup> und 4<sup>h</sup> 5,3° betrug; der schwächste dagegen — in der Gipfelregion (bei einem Temperaturabfall um 1,1°) infolge Luftzufluss aus der freien Atmosphäre. In dem obenerwähnten wärmsten Hangabschnitt betrug die Temperaturveränderung während der Nachtzeit 2,8°. Überdies änderte sich die Intensität des Temperaturabfalls während der Nacht bei Reliefenergie von ca 800 m im Höhenbereich von 300 bis 500 m über der Talsohle, also ungefähr 1/2 bis 2/3 des Höhenunterschiedes des Talbereiches nicht, und betrug im Mittel 1,8°. Das würde also von einem schwächeren Anteil der höheren, oberhalb des Inversionsbereiches gelegenen Hangpartien, im Prozess des lokalen Innentalwärmeaustausches zeugen.

Um den Fortschritt der Arbeiten auf diesem Gebiet zu sichern müssen die ausgeschiedenen Bereiche der thermischen Zonen und die in diesen Bereichen auftretende, durch die Wetterlage und den Charakter der Talausformung bedingte Intensität des Lufttemperaturwechsels klar umrissen werden. Die an den Hängen des Grossen Arbers in den Jahren 1931—32 (GEIGER, 1961) durchgeführten Untersuchungen bestärkten in der Überzeugung, dass die Unterschiedlichkeit des Temperaturfeldes in Bergtälern am deutlichsten und vollkommensten während wolkenloser und windstiller Nächte, bei Hochdruck und Advektion trockener, kontinentaler Luftmassen hervortritt. Diese Feststellung war von wesentlicher Bedeutung bei der Bestimmung der Hauptmerkmale der Lufttemperaturverteilung in dem in Frage kommenden Gelände. Sie beweist nämlich, dass die an Hand kurzer, mikroklimatischer, bei stagnierendem Ausstrahlungswetter durchgeführten Beobachtungsreihen erzielten Resultate richtig und repräsentativ sind.

Eine eingehende Analyse der thermischen Schichtung in Tälern von verschiedener Ausformung und verschiedener Hangneigung brachte H. G. KOCH (1961) auf Grund der im Jahre 1953 durchgeführten Forschungen. In der zahlreichen Gruppe der durchforschten Täler mit Hochplateau relief in der Umgebung von J e n a bei relativer Höhe von 180—200 m konnten sogar 5 Niveaus ausgesondert werden, die sich folgendermassen vom Talboden bis zu den Berg- rücken schichteten:

1. die Kaltluft am Talboden bei Berücksichtigung von Niederungen verschiedener Grösse, die das Entstehen von Kaltluftseen begünstigen,
2. die Übergangszone mit charakteristischer Homothermie oder schwachem Lufttemperaturanstieg,
3. die warme Schicht in der oberen Hangpartie,
4. Rückenflächen und Bergrücken mit etwas niedrigeren Temperaturen im Verhältnis zu den in den Punkten 3 und 5 angeführten Schichten,

5. die Maximaltemperaturen auf den aus den Rückenflächen aufragenden Gipfeln und Kuppen.\*

In Hügellandgebieten oder Geländen mit entwickeltem Terrassensystem wurde jedoch die Übergangszone nicht beobachtet. In diesem letzten Fall und bei gleichzeitig sehr mannigfaltigem Hangrelief mit zahlreichen, sanfter oder steiler geneigten Hangzonen — verwischte sich sogar das Bild der einheitlichen Region der warmen Zone, die in eine ganze Reihe kleiner, thermisch unterschiedlicher Abschnitte aufgeteilt war.

M. G. KOCH vertritt die Ansicht, dass das vertikale Ausmass einer jeden der erwähnten thermischen Schichten von der Ausformung der Talsohle und der Hangzone abhängt. Je steiler der Hang, desto tiefer von der Talschulter reicht die warme Zone hinunter. Dagegen wird flaches Gelände, wo der Abfluss erschwert ist, von Kaltluft eingenommen, wobei der Ausstrahlungsprozess intensiver am Talboden als auf den Rücken verläuft, weil der Effekt infolge Abriegelung und durch den Zufluss von Kaltluft aus höher gelegenen Hangpartien und dessen Stagnierung gesteigert wird.

Und so ist in der Umgebung von J e n a (Gleissberge) in der Kalkhügellzone, wo über dem sanften, weiten Talbodengelände ein etwa 100 m hoher, steiler Hangabschnitt aufragt, die warme Hangzone eng mit dem Ausmass und dem Bereich dieses Abschnittes verbunden. Das bedeutet, dass je höher über der Talsohle der steilere Hang ansetzt, desto höher auch die warme Zone beginnt. Im Zusammenhang damit ändert sich die Mächtigkeit der Kaltluftschicht von 120 bis auf etwa 80 m über der Talsohle. Von der warmen Zone trennt sie die deutliche homotherme Übergangsschicht, die ein Ausmass von etwa 20 m erreicht, und die an die im Verhältnis zu den höheren Hangpartien sanfter geneigte Hangfläche gebunden ist.

In diesen Abschnitten des Saaletales dagegen, wo die Neigung zwischen den fast vertikalen, steil abstürzenden Hangpartien und dem sanft geneigten Talboden sich heftig ändert, lag die Talbodenkaltluft unmittelbar unter der warmen Hangluftschicht. Je grösser der Unterschied zwischen den Neigungswinkeln und je breiter der Talboden war, desto deutlicher trat der thermische Kontrast zwischen den beiden Zonen hervor. Diese Gesetzmässigkeit trifft auch in Gebirgsgeländen zu.

Die sich durch die von H. G. KOCH geführten Nachforschungen ergebende wichtige Folgerung war die Feststellung der Allgemeinheit der in Gebieten von mannigfaltigem Relief auftretenden thermischen Dreischichtung. Der Verfasser betont, dass die Kontraststärke der Temperatur zwischen der Talbodenkaltluft und der Warmluftschicht am Hang nicht von der Seehöhe des gegebenen Geländes abhängt. Dagegen hat auf den Verlauf und die Intensität der lokalen Innentalzirkulation u. a. die Breite und der Oberflächencharakter des Talbodens sowie der Hangneigungswinkel und die Hangausformung Einfluss.

Ausserdem muss ich feststellen, dass in den von H. G. KOCH gebrachten

---

\* Die Verfasserin ist der Ansicht, dass diese Einteilung zu eingehend ist, weil bei diesen relativen Temperaturhöhen die in Punkt 5 angeführten Geländekulminationen genetisch zu warmen Schicht gehören und mit dem dynamischen Luftabsinken verbunden sind.

thermischen Profilen, die verschiedene Regionen von mannigfaltigem Relief betreffen, eine wichtige Gesetzmässigkeit auftritt, d.h. dass — ausser den erwähnten morphometrischen und morphographischen Eigenschaften der Täler — bei der Bildung der Ausmasse der einzelnen thermischen Niveaus im Querprofil die relative Höhe im Bereich der gegebenen konkaven Form eine wichtige Rolle spielt.

Eine überaus interessante Bearbeitung der Lage und des Ausmasses der warmen Hangzone in den Innenalpen brachte M. AULITZKY (1967, 1968). Während ökologischer Untersuchungen an der Wald- und Baumgrenze in Tirol wurden zwischen Juni 1953 und Dezember 1962 auch eingehende Lufttemperaturmessungen geführt. Diesen Teil der Innenalpen kennzeichnet ein kontinentales Klima. Im Bereich des Flussgebietes bei Ötz von relativen Höhen 800 bis 1300 m verläuft die obere Waldgrenze bei etwa 2000 m, die obere Baumgrenze dagegen liegt bei 2200 m. Im Talquerschnitt wurde an den ESE-Hängen (1820 bis 2440) und den WNW-Hängen (von 1820 bis 2232 m) ein dichtes Netz von Messstellen angebracht, wobei der Charakter der Hangreliefs sowie die Verteilung der Pflanzengesellschaften beachtet wurde. Der Grundgedanke dieser klimatologischen Untersuchungen knüpfte an die schon erwähnten, von BAUMGARTNER gebrachten Ergebnisse an.

AULITZKY's Verdienst ist die Feststellung und urkundliche Belegung der Richtigkeit der bereits in den früher von BAUMGARTNER (1961) veröffentlichten Arbeiten angenommene Gesetzmässigkeit, dass nicht nur die aus Zeiträumen mit schönem Wetter stammenden Daten, sondern auch die Monatsmittelwerte der Temperatur sowohl während der Vegetationsperiode wie auch während des Jahresganges des Auftretens der thermischen Schichtung widerspiegeln. Die warme Hangzone tritt also tatsächlich und stets in mannigfaltig ausgeformten Gebieten auf, und mit ihrer Auswirkung auf die Pflanzenvegetation in Gebirgsgebieten muss gerechnet werden. Der Bereich und das Ausmass der warmen Hangzone ändern sich im Laufe des Jahres und weisen während der Wintermonate ein Maximum, während der Sommermonate ein Minimum auf. Und zwar liegt ihre obere Grenze,\* im Winter oberhalb 700 m, im Sommer dagegen 350 m über dem Talboden: im Hand der Tagesmittelwerte schwankt ihre Lage zwischen 500 und 200 m.

Die Temperaturunterschiede zwischen der Talsohle und den an der Obergrenze der warmen Hangzone gelegenen Punkten liessen den Jahresgang erkennen. Sie schwankten zwischen 3,0° und 1,0° wenn man die mittleren Monatsminima berücksichtigte, und zwischen 1,5° und 0,1—0,2° bei Berücksichtigung der mittleren monatlichen Tageswerte.

AULITZKY betont gleichzeitig, dass der ESE-exponierte Hang gegenüber dem WNW-Hang thermisch begünstigt war, weil dort die Temperaturmittel um 100 bis 150 m höher auftraten, als auf dem gegenüberliegenden Hang mit WNW-Exposition. Die Exposition bewirkt also eine gewisse Asymmetrie im Bereich der einzelnen thermischen Zonen des Talgebietes ohne jedoch das Allgemeinbild der Schichtung zu stören. Ähnliche Veränderungen in der räumlichen Verteilung der Lufttemperatur, jedoch in geringerer Masse, verursachte das Mikrorelief und die Unterschiedlichkeit des Pflanzenkleides (hauptsächlich der Waldgesellschaften).

\* die von AULITZKY als das obere Niveau der Hauptinversion bezeichnet wurde.

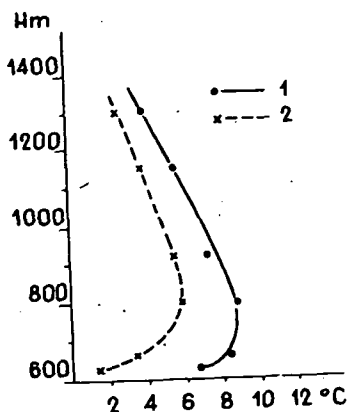


Abb. 2. Monatsmittel und mittlere monatliche Minima der Lufttemperatur in 2 m am WNW-Hang des Gurgler Tales im Zeitraum VI 1954 bis V 1955, °C (nach H. AULITZKY)

Die von AULITZKY in einem einfachen und anschaulichen Diagramm dargestellten und für den untersuchten Talquerschnitt gültigen Abhängigkeiten der mittleren und extremen Monatstemperaturen (Abb. 2) von der See- oder Talbodenhöhe ermöglicht die Bewertung sowohl des Ausmasses der Inversionsschicht wie auch der warmen Hangzone und der darüberliegenden, der freien Atmosphäre angenäherte Zone. Bei der Bestimmung des Inversionsausmasses, der sog. „Hauptinversion“ vertrat AULITZKY, ähnlich wie BAUMGARTNER, die Ansicht, dass die Inversion durch den wärmsten Hangpunkt im thermischen Profil bedingt ist. Wenn man jedoch die seinen Arbeiten beigefügten thermischen Profile und die angeführten Hauptinversionsbereiche während der einzelnen Perioden eingehend analysiert so ergibt sich, dass AULITZKY durch die obere Inversionsgrenze im Grunde genommen — die Scheininversion meinte. Höchstwahrscheinlich wählte er z.B. aus den mittleren Minima des betreffenden Monats den höchstgelegenen Hangpunkt aus, wo der Temperaturwert höher lag als am Talboden. Indessen — wie das aus den Diagrammen der Monatsmittelminima (Abb. 2) ersichtlich ist — reicht während der warmen Periode vom Mai bis Ende September die Inversionsschicht von etwa 120 bis 140 m über den Talboden, in den restlichen Monaten dagegen von 180 bis 200 m und erzielt lediglich im März 220 m. Untersuchungen der Verteilung der mittleren Monatswerte im Talprofil beweisen — ähnlich wie die Betrachtung der oben beschriebenen oberen Grenze der warmen Zone — dass die obere Inversionsgrenze im Tal tiefer liegt. In den mittleren Tageswerten spiegelt sich nämlich der Einfluss sowohl der maximalen wie auch der minimalen Temperaturen wider. Es scheint deshalb, dass die Analyse der Schichtung und des Ausmasses der thermischen Zone im Talbereich sich nicht nur auf generalisierten Diagrammen der Abhängigkeit der mittleren monatlichen Tages- oder Minimaltemperaturen stützen sollte, sondern dass dabei auch typische Einzelercheinungen der Lufttemperaturverteilung an den Hängen — ähnlich denen von H. G. KOCH (1961) dargestellten — in Betracht gezogen werden müssten. Auf den letztgenannten sind die Merkmale der thermischen Schichtung nicht verwischt.

AULITZKY betonte nachdrücklich einen wesentlichen, biologischen Aspekt der Temperaturunterschiedlichkeiten in Bergtälern. Er wies darauf hin, dass die Lage der warmen Hangzone in der Verteilung der Pflanzengesellschaften



ihren Niederschlag findet. Infolge der längeren Vegetationsperiode und auch der auf den Assimilations- und Atmungsprozess sich günstig auswirkende längere Phase der Optimaltemperaturen sind die Entwicklungsbedingungen für die Baumbestände günstiger, und die durch niedrige Temperaturen, Dürre und übermässige Hitze verursachten Schäden weit geringer als am Talboden. Diese Folgerungen, die durch konkrete, quantitative, die ökologische Charakteristik eines hohen Bergmassivs betreffenden Daten belegt sind, sind ungemein wertvoll und in der klimatologischen Literatur eine Seltenheit.

Es wäre also höchst wünschenswert, die äusserst reichhaltigen, viele Jahre hindurch gesammelten Materialien einer Analyse zu unterwerfen, welche den Einfluss der gegebenen Wetterlage auf die thermischen Verhältnisse in Bergtälern in Betracht ziehen würde.

In der polnischen Literatur fand das Problem der Unterschiedlichkeit der thermischen Verhältnisse im Talquerschnitt in einer Publikation von T. NIEDZWIEDZ (1968) Ausdruck. Er beschränkte sich darin auf die Nachtfrost-Charakteristik (Tagestemperaturmaximum  $> 0^\circ$  und ein Temperaturminimum  $< 0^\circ$ ), d.h. der sehr empfindlichen Indikatoren des Einflusses des Geländereiefs auf die örtliche Zirkulation und den Wärmeaustausch. Dem Forscher stand ein ganzes Netz von Messstellen zur Verfügung, welche die einzelnen Elemente des Hügellandreliefs im Rabatalabschnitt (Westkarpaten) repräsentierten. An Hand der täglichen Beobachtungen der extremen Temperaturen während des Messzeitraumes vom September 1965 bis Juni 1966 und im Zusammenhang damit der Analyse der Nachtfrosthäufigkeit im Bereich einer grösseren, physisch-geographischen Einheit (des Wieliczka-Vorgebirges und der angrenzenden Beskidnpartie) bestimmte er die Abhängigkeit des mittleren Frühjahrs- und Herbsttemperaturminimums von der Seehöhe und auch der Höhe über der Talsohle. Des weiteren wurde die Abhängigkeit des Temperaturmittels von der mittleren Dauer der frostlosen Phase und den Nachtfrost-Extremwerten errechnet. Zum Schluss definierte NIEDZWIEDZ den Grad der in dieser Art Geländen drohenden Nachtfrostgefahr. Aus der von ihm dargestellten, auf Extremdaten gestützten Regionalisierung der Nachtfrostgefährdeten Gebiete erhellt, dass die unteren Partien des durch Terrassen zergliederten Rabatals, durch intensive Abkühlung bis zu einer Höhe von 50 m über den Talboden gekennzeichnet ist. Wie das aus den, in dem erwähnten Artikel gebrachten Diagrammen zu ersehen ist, erreicht hier die Inversionsschicht bis etwa 80 m Höhe über den Talboden, und der Hügellandrücken liegt im Bereich der warmen Hangzone. Aus den letzten Informationen dieses Verfassers geht hervor, dass er an Hand eines reicheren, in diesem Gebiet gesammelten Materials, die Grenzen der einzelnen thermischen Zonen verschiebt. In seiner Arbeit (1970) bewertet er die Mächtigkeit der Inversionsschicht auf 150 m, und die obere Grenze der darüberlagernden warmen Zone auf 700 m über dem Talboden (Abb. 3).

Diese Publikation ist ein interessanter Beitrag zur Methodik der Bearbeitung der thermischen Temperaturschichtung in Geländen von verschiedenartiger Ausformung.

Die Verfasserin dieser Abhandlung führte in den Jahren 1962 bis 1965 in zwei Flussgebieten im Gorcegebirge (Beskidn, relative Höhen 400—600 m) (1969—1970) Untersuchungen über die räumliche Lufttemperaturverteilung. Auf Grund dieser Forschungen konnten folgende thermische Zonen in den Talquerschnitten mit Mittelgebirgsrelief und im Zusammenhang

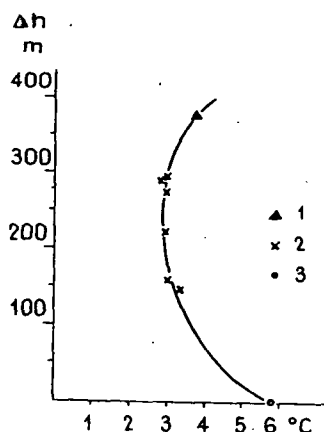


Abb. 3. Abhängigkeit der mittleren Frühlings- und Herbsttemperatur von der relativen Höhe über dem Talboden der Raba und von der Seehöhe in Gaik-Brzezowa (Hügellandregion) nach T. NIEDZ-WIEDZ.

damit die in den entsprechenden Zonen gelegenen mesoklimatischen Regionen bestimmt werden:

1. die Region der Talinversionsbereiche bis zu einer Höhe von 120—140 m über dem Talboden,
2. die Region der warmen, oberhalb der Inversionszone gelegenen Hänge und Riedel, (identisch mit der warmen Hangzone; die Ausmasse dieser Schicht überschreiten 100 m),
3. die Region der kühlen, bis über 1000 m Seehöhe aufragenden, ausserhalb der örtlichen Innentalzirkulation und des Wärmeaustausches gelegenen Berg-rücken. In dieser Region weisen die thermischen Verhältnisse ähnliche Merkmale wie diejenigen der freien Atmosphäre auf.

In Anlehnung an die von AULITZKY im Alpentale gemachten Beobachtungen muss betont werden, dass bei den im Verhältnis zum Ö t z t a l geringeren relativen Höhen das vertikale Ausmass der dritten Schicht im G o r c e g e b i r g e weit geringer war.

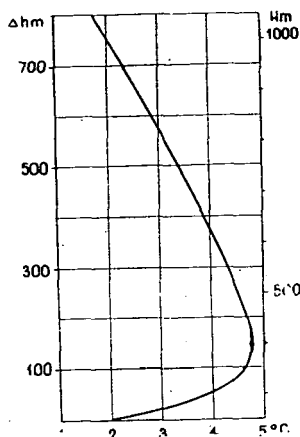
Die Verfasserin führte obige Typologie an Hand einer Analyse des Lufttemperaturtagesganges bei Berücksichtigung der mittleren und absoluten Tagesamplituden, der mittleren Tages- und Nachttemperaturen, vervollständigt durch mittlere Tagestemperaturwerte, durch. Auf Grund dieser Betrachtungen kann nochmals festgestellt werden, dass bei kontinuierlicher Veränderlichkeit der Temperaturwerte an den Hängen die Grenzenbestimmung der einzelnen thermischen Zonen ungemein schwierig und zuweilen subjektiv ist. Und zwar wendete die Verfasserin bei der Bestimmung der Mächtigkeit der Inversionsschicht auf Grund des Abhängigkeitsdiagramms der mittleren Unterschiede zwischen den Tages- und Nachttemperaturen und der Höhe über dem Talboden ein anderes Kriterium an. Sie ging nämlich von dem Standpunkt aus, dass der Kurvenabschnitt, entlang dessen minimale Wertveränderungen der erwähnten Unterschiede zu verzeichnen sind, die warme Hangzone charakterisiert (Abb. 4.). Diese Überzeugung gewann sie auf Grund einer Analyse der Temperaturverteilung in den einzelnen thermischen Profilen während gewisser, festgesetzter Tage mit stagnierendem Ausstrahlungswetter. Im Verhältnis jedoch zu den von anderen Forschern angeführten Angaben war die Mächtigkeit der Inversionsschicht um etwa 40 bis 60 m geringer.

Eine Schattenseite der Arbeit ist, dass sie sich auf kurzen, aus den Som-

Abb. 4. Abhängigkeit zwischen der relativen Höhe über dem Talboden und den Temperaturmitteldifferenzen bei Tag und bei Nacht (100 cm oberhalb der Bodenfläche im Gorcegebirge).

Erläuterungen der Bezeichnungen:

1 — Differenzwerte am Hauptbergrücken; 2 — am Hang; 3 — am Talboden.



mermonaten stammenden Messreihen stützt, weil — wie das die Forschungen von BAUMGARTNER und AULITZKY bewiesen — zu dieser Zeit der Inversionsbereich und die warme Hangzone am tiefsten liegt. Nichtsdestoweniger können diese Ergebnisse als repräsentativ bezeichnet werden, weil die erörterte thermische Zonierung auch infolge der Bodenkulturinversion\* und der Verteilung der Matten mit thermophilen Pflanzengattungen in Erscheinung tritt.

Zum Abschluss dieser Übersicht einiger Untersuchungen der thermischen Lufttemperaturschichtung in Gebirgsgeländen und auf Hochebenen kann festgestellt werden, dass an Hand der bisherigen Forschungen alle Autoren darin einig sind, dass die thermische Dreischichtung in Mittel- und Hochgebirgstälern auftritt. Bei geringeren relativen Höhen tritt im allgemeinen nur die Inversionsschicht und die warme Zone auf und die Bergrücken liegen im Bereich dieser letzteren. Meinungsverschiedenheiten herrschen dagegen bzgl. der Begrenzung der einzelnen Schichten. Deshalb ist es notwendig, die Kriterien zu vereinheitlichen, um eine eindeutige Bestimmung zu ermöglichen.

### Über das Ausmass der Inversion in Tälern

Um die im gegebenen Gelände herrschenden thermischen Verhältnisse richtig zu beurteilen ist es notwendig, die Mächtigkeit der Kaltluftseen kennenzulernen und die warme Hangzone zu lokalisieren.

Das Problem kann durch Bestimmung des Ausmasses der Inversionsschicht im Bereich konkaver Formen gelöst werden. Die in Tabelle 1 zusammengestellten Forschungsergebnisse über das Durchschnittsausmass der Inversion in verschiedenen Gebirgsgebieten und auf Hochebenen, hauptsächlich in Europa, stützen sich entweder auf Beobachtungen, die aus Messstellen stammen, welche in unterschiedlicher relativer Hanghöhe oberhalb des Tal-

\* Ackerfelder erstrecken sich über die Ober- und Mittelhangpartien, während die von Kaltluftseen eingenommenen Unterhangpartien mit Buchen und Tannen bestockt sind.

bodens angebracht waren, oder auf Sondierung der Atmosphäre. In diesem zweiten Fall berücksichtigte ich nur die Bodeninversion, weil sie genetisch mit dem Ausstrahlungs- und Abkühlungsprozess der untersten Atmosphärenschicht zusammenhängt.

Die in der Zusammenstellung angeführten Daten sind nach den Relieftypen der einzelnen Berggruppen geordnet und veranschaulichen, dass die obere Inversionsgrenze fast überall eine Höhe von 150 m über dem Talboden überschreitet. Bei relativen Höhen von über 600 m liegt die Inversionsgrenze zu meist oberhalb 200 m. In Mittelgebirgskesseln, die ausgedehnte und abgeschlossene Kaltluftammelbecken sind, kann die Mächtigkeit der Inversionsschicht grösser sein. Das können die Beobachtungsergebnisse im Kessel von Nowy Targ beweisen, wo der Kaltluftsee noch zusätzlich durch die von der höher gelegenen subtatrische Senke herabfliessende kühle Luft gespeist wird, was natürlich den Abkühlungseffekt bedeutend erhöht (MICHALCZEWSKI, 1962).

Gleichzeitig ist zu betonen, dass die an den, an den Hängen angeordneten Messstationen ermittelten Daten über das Inversionsausmass mit denjenigen aus der Sondierung der Atmosphäre resultierenden ziemlich übereinstimmen. Das beweist, dass die Profilmessungen in Bergtälern ziemlich repräsentativ und dieser Art Forschungen zweckmässig sind. Im Lichte der erwähnten Arbeiten scheint es auch, dass in Bergtälern, wo das Relief dem Entstehen der örtlichen Zirkulation und dem nächtlichen Wärmeaustausch keine grösseren Hindernisse stellt, die Mächtigkeit der Inversionsschicht grundsätzlich nicht von derjenigen, die auf der Ebene mittels Sondiermethode festgestellt wurde, abweicht.

Die bisherigen Forschungsergebnisse zusammenfassend darf man an Hand des gesammelten Materials daraus nicht etwa weitere Folgerungen ziehen und die Gesetzmässigkeit der Inversionsausmasse in verschiedenartig ausgeformten Tälern mit verschiedenen Hangneigungswinkeln bestimmen. Denn dieses Material ist sowohl hinsichtlich der Forschungsperioden, der Beobachtungsmethoden wie auch hinsichtlich ihrer Zahl und Häufigkeit, nicht homogen. In den meisten Fällen waren die hier ausgenutzten Publikationen unter einem anderen Gesichtswinkel bearbeitet. Vor der neuzeitlichen Topoklimatologie steht daher die Aufgabe, sowohl die Forschungsmethoden wie auch die Kriterien, nach welchen die einzelnen thermischen Zonen im Talquerschnitt ausgesondert werden, zu vereinheitlichen. Deshalb wäre es angezeigt, Messungen sowohl in Tälern von mannigfaltigen Relieftypen, wie im Bereich eines einzelnen Tales in verschiedenen charakteristischen Querschnitten, in die Wege zu leiten. Es wäre auch sehr interessant, das Ausmass der Lufttemperaturinversion in Bergen und Hochebenen und in deren Vorgelände zu untersuchen, um ihre gegenseitige Abhängigkeit zu verfolgen und zu bestimmen.

### Schlussfolgerungen

Die seit längerer Zeit geführten Untersuchungen der thermischen Schichtung in Geländen von mannigfaltiger Ausformung ermöglichten die Feststellung, dass in Tälern aller Art — ungeachtet ihrer Seehöhe — im Laufe der Nacht folgende Schichten auftreten:

1. die Talbodeninversionszone,
2. die warme Hangzone,

3. die Gipfelzone, zu welcher bei grösseren relativen Höhen auch die Oberhangpartien gehören, die sich oberhalb des Bereiches der Innentalzirkulation und des Wärmeaustausches befinden. Die Veränderung der thermischen Verhältnisse je nach der Höhenlage verläuft hier im Einklang mit den Gradienten der freien Atmosphäre.

In Geländen mit Hügellandrelief von geringerer, relativer Höhe bilden sich nachts oftmals nur die zwei ersten Schichten. Das vertikale Ausmass und die Mächtigkeit einer jeden unterliegen im Tages- und Jahresgang Schwankungen, die auch durch die Talausformung und Hangneigung bedingt sind. Der mittlere Inversionsbereich im Gebirge schwankt etwa bei 150 m oberhalb des Talbodens, in Mittelgebirgstälern kann er grösser sein.

Im Bereich der Inversionsschicht findet gleichzeitig mit der Höhenzunahme auch eine Temperaturzunahme statt. An der oberen Inversionsgrenze ist es am wärmsten; dort herrschen auch die günstigsten Vegetationsbedingungen. Die fortwährenden thermischen Veränderungen verursachen Schwierigkeiten bei der Bestimmung der einzelnen Lufttemperaturbereiche in Tälern. Im Zusammenhang damit schlage ich vor, die obere Grenze des Inversionsbereiches als die wärmste Zone im thermischen Hangprofil zu bezeichnen. Unmittelbar über der Inversionsschicht liegt die warme Hangzone, wo die Lufttemperaturschwankungen im Tagesgang geringer sind als am Talboden und die Vertikalgradienten der Temperaturveränderungen mit der Höhenlage sich wenig ändern. Des weiteren schlage ich vor, bei der Bestimmung der oberen Grenze diesen Punkt auszunutzen, an welchem die Hangtemperatur noch immer höher ist als an der kühlgsten Stelle des Talbodens. Vom methodischen Standpunkt aus sollte die Bestimmung des erwähnten Temperaturniveaus bei Heranziehung thermischer Indikatoren, die den Verlauf der Nachttemperaturen, d.h. der mittleren Temperaturminima, die mittleren Nachttemperaturen und den Grad der Nachtfrostgefahr charakterisieren. Die Tagesmittel geben, obwohl sie die Eigenschaften der Lufttemperaturdreischichtung erkennen lassen, zu kleine Werte.

Beim gegenwärtigen Forschungsstand fehlt es immer noch an einer genauen Charakteristik der einzelnen, reliefbedingten Schichten. Deshalb ist eine Vereinheitlichung der Arbeitsmethodik und die Konzentrierung der Forschungsarbeiten in typischen Gebieten notwendig, weil die Lösung dieses Problems grundlegende Bedeutung für die Wirtschaftstätigkeit des Menschen in der geographischen Umwelt hat.

#### LITERATUR

- AULITZKY, H. (1967): Lage und Ausmass der „warmen Hangzone“ in einem Quertal der Innenalpen. *Annalen der Meteorologie*. N. F., Nr. 3, 1967, 159–165.
- AULITZKY, H. (1968): Die Lufttemperaturverhältnisse einer Zentralapinen Hanglage. *Arch. Met. Geoph., Biokl., Ser. B*, Bd 16, 1968; 18–69.
- BROCKS, K. (1949) Die Höhenabhängigkeit der Lufttemperatur in der nächtlichen Inversion. *Meteorologische Rundschau*. 2 Jg, H.5/6, Mai–Juni, 1949; 159–167.
- DAUBERT, K. (1962): Ein Beitrag zur Kenntnis der Bodeninversion. *Meteorologische Rundschau*, Jg 1. H.5, Sept./Okt. 1962.
- EKHARDT, E. (1949): Über Inversionen in den Alpen. *Meteor. Rundschau*, Jg 2, H 5/6, Mai/Juni 1949. 153–159.

*Einige Angaben über das Durchschnittsausmass der Inversionsschicht in konkaven Geländeformen*

Verfasser	Untersuchungsgebiet	Relieftyp (relative Höhen)	Forschungsmethoden	Durchschnittliche obere Inversions- grenze der Lufttem- peratur	Bemerkungen
Ekhardt E. (1949)	Kärntner-Mulde Innenalpen	Intramontaner Kes- sel im Hochgebirge; relative Höhe über 1000 m	Radiosondierung	etwa 250 m sekundäres Häufig- keitsmaximum	
Aulitzky H. (1967, 1968)	Ötztal Innenalpen	Hochgebirge relative Höhe 800—1300 m	Hangstationen	Scheininversion 700 m im Sommer 350 m im Winter	mittleres Ausmass 120—140 m im Sommer 180—220 m im Winter
Geiger R., Woelfle M. Seip L. Ph. (1933/34)	Grosser Arber Bayerischer Wald	Mittelgebirge rel. Höhe etwa 900 m	Hangstationen	etwa 300 m	
Baumgartner A. (1961)	Grosser Falkenstein Bayerischer Wald	Mittelgebirge rel. Höhe etwa 900 m	Hangstationen	200—300 m	nach F. Schnelle
Michalczewski J. (1962)	Kessel von Nowy Targ Westkarpaten	Intramontaner Kes- sel rel. Höhe 400—700 m	Hangstationen und Vergleich mit der Radiosondierung	etwa 370 m	
Obrebska—Starkel B. (1969, 1970)	Beskiden, Jaszcze- und Jamne-Tal; Westkarpaten	Mittelgebirge rel. Höhe 400—600 m	Hangstationen (mikroklimatische Messungen)	120—140 m	zu geringe Werte von 40—60 m
Koch H. G. (1953)	Thüringen	Hochebenen rel. Höhe 80—350 m	Mikroklimatische Messungen an Hängen		

Daubert K. (1962)	Thübingen-Hoch- ebene zwischen dem Ammer- und Neckartal	Hochebene rel. Höhe etwa 300 m	Hangstationen	unterhalb 100 m 200—300 m 400—700 m	der Verfasser gab nur die Grenzen der Inversionsbe- reiche an ohne die Häufigkeit zu be- rücksichtigen
Gelmgole N. F. (1963)	Nordhänge des Kir- gisischen und Transilenischen Ala-Tau	Vorgebirge Vorland des Hoch- gebirges rel. Hö- he 650—850 m	Hangstationen	200—250 m	
Tiskov Ch. (1963)	Mittlerer Vorder- balkan	Hügelland rel. Höhe 200— 300 m	Hangstationen	200 m sekundäres Maxi- mum 300 m	
Kleiss	Stuttgart-Cannstadt	Schwäbische Jura Hochebene rel. Höhe etwa 300 m	Sonden	150 m sekundäres Maxi- mum 350—400 m	
Peppler W.	Bayerische Hoch- ebene	Hochebene	Sondierung	170 m	nach Feldmann
Feldmann G. (1965)	Bayerische Hoch- ebene München—Riem	Hochebene	Sondierung	170—200 m sekundäres maxi- mum 300 und 500 m	
Garnet A., Bach W. (1966)	Pennin-Vorgebirge Don-Tal	Hügelland rel. Höhe etwa 400 m	Hangstationen	etwa 250 m	
Iwasaki Takasi, Nakagawa Jukio Kanokahara Mi- noru	Ichara (Japan)	Hügelland		100—200 m	

Verfasser	Untersuchungsgebiet	Relieftyp (relative Höhen)	Forschungsmethoden	Durchschnittliche obere Inversionsgrenze der Lufttemperatur	Bemerkungen
Niedzwiedz T. (1970)	Rabatal Westkarpaten	Hügelland, rel. Höhe 120 m am Fuss des Mittel- gebirges; globale rel. Höhe etwa 900 m	Hangstationen	etwa 150 m	
Broks K. (1949)	West- und Mittel- europa	Tiefebene	Sondierungen	200—250 m	
Rink J. (1953)	Lindenberg-Observatorium	Tiefebene	Radiosondierung	500 m; Häufigkeits- maximum im Feb- ruar 950 m, im August 390 m	
Maskova G. B. (1963)	Europäischer Teil der Sowjetunion	Tiefebene	Beobachtungen von einem 300 m hohen Turm	150—300 m	jahreszeitlich bedingte Verän- derlichkeit
Herath	Lindenberg-Observatorium	Tiefebene		150—200 m	nach Feldmann
Ventura E. (1968)	Ungarisches Tiefland Budapest	Tiefebene		100—500 m	



- FELDMAN, G. (1965): Bodeninversion über München — Riem, ihre Häufigkeit und wicklung im Tagesgang. Meteor. Rundschau, Jg 18, H.1, Jan/Febr. 1965; 3—14.
- GARNET, A; BACH, W. (1966): An investigation of urban temperature variations by traverses in Sheffield (1962—63). Biometeorology II) Proceedings of the Third International Biometeorological Congress held at Pau, S. France, 1—7. September 1963/1966; 601—607.
- GEIGER R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.
- GELMGOLC N. F. (1963): Gorno-dolinnaja cirkulacija Severnych sklonov. Tian-szania. Leningrad.
- IWASAKI TAKASI, NAKAGAWA JUKIO, KONAKACHARA MINORU — Nogio kisio. J. Agric. Meteorolog., Nr. 1, 1968; 7—14.
- KOCH, H. G. (1961): Die warme Hangzone. Neue Anschauungen zur nächtlichen Kaltluftschichtung in Tälern und an Hängen. Zeitschrift für Meteorologie, Bd 15, H 1—6, Januar/Juni 1961; 151—171.
- MASZKOVA, G. B. (1963): Niekotoryje rezultaty meteorologiczeskich nabliudenij na vysotnoj basznej. Izuczenije pograničnogo sloja atmosfery s 300-metrovoj meteorologiczeskoj basznej. Moskva, 1963; 65—89.
- MICHALCZEWSKI, J. (1962): Długotrwałe zastoiska mroźowe Kotliny Podhalańskiej. Acta Geographica Lodziensia nr. 13, 1962; 27—70.
- NIEDZWIEDZ, T. (1968): Przymrozki w pogórskim odcinku doliny Raby. Zeszyty Nauk. U.J. Prace geogr. z. 18, Kraków 1968; 53—68.
- NIEDZWIEDZ, T. (1970): Primer kartograficeskogo predstavlenija zamorozkov v usloviach pogornogo reliefa Karpat. Zeszyty Naukowe U.J.; Prace geograficzne z. 26, Kraków 1970.
- OBREBSKA—STARKEL, B. (1969): Some results of investigations of meso- and microclimatic conditions in small mountain drainage areas in the Beskides (Polish West Carpathians). Acta Universitatis Szegediensis, Pars.: Acta Climatol. T. VIII, fasc. 1—4, Szeged 1969; 67—81.
- OBREBSKA—STARKEL, B. (1969): Stosunki Mikroklimatyczne na pograniczu pieter lesnych i pól uprawnych w Gorcach. Zeszyty Naukowe U.J. CCXIV, Prace Geograficzne 23, Kraków 1969.
- OBREBSKA—STARKEL, B. (1969): Mezoklimat zlewni potoków Jaszcze i Jamne. Studia Naturae, S. A., nr. 3, Kraków 1969, 7—99.
- RINK, J. (1953): Über das Verhalten des mittleren vertikalen Temperaturgradienten der bodennahen Luftschicht (1—76 m) und seine Abhängigkeit von speziellen Witterungsfaktoren und Wetterlagen. Abhandlungen des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der Deutschen Demokr. Republik; Nr. 18 (Bd III), Berlin 1953, 7—43.
- SCHNELLE, F. (1965): Frostschutz im Pflanzenbau. Bd I.—Die meteorologischen und biologischen Grundlagen der Frostschadenverhütung; München, Basel, Wien 1963. Bd II — Die Praktik der Frostschadenverhütung; München, Basel, Wien 1965.
- TISZKOV, CH. (1963): Temperaturne inverziji prez studenoto polugodije v srednija Predbalkan mezdju rekite Rosica i Belica. Izvestija na Geografskija Institut, T.8, 1963.
- VENTURA, E. (1968): A Budapest fölött észlelt hőmérsékleti inverziók jellemzői. Időjárás 72, Nr 3, 1968; 166—174.
- WOJEJKOW, A. I. (1948): Klimaty ziemnego szara i w osobiennosti Rossji Izbrannyje sočinenija, t. I. Izd Ak. Nauk SSSR, 1948.



# ANGABEN ZU DEN STRAHLUNGSVERHÄLTNISSEN DES WALDES

VON L. NAGY

**Zusammenfassung:** Der Aufsatz beschäftigt sich mit der Größe der kurzwelligen Globalstrahlung die auf Schichten verschiedener Höhen und auf die obere Grenze der Laubkrone kommt. Beobachtungen wurden 1967—68 in Eichen- und Akazienwäldern in allen vier Jahreszeiten durchgeführt und in allen Phenophasen der Vegetationsperiode fortgesetzt.

**Summary:** The paper deals with the amount of short-wave global radiation arriving on levels of different height and on the upper limit of the foliage. Observations were carried out in oak and acacia woods in all four seasons in 1967—1968 and were continued in all phenophases of the vegetation period.

Einer der Gründe der Ausgestaltung des besonderen Mikroklimas, das durch die Wälder hervorgerufen wird, besteht darin, daß aus der Strahlungsmenge, durch welche die Oberfläche getroffen wird, entsprechend des Geschlossenheitsgrades und des Artes des Waldes, ein sehr verschiedener Bruchteil bis zur Oberfläche des Waldbodens vordringen kann. Von der Energiemenge, die der Boden erhält, ist die Quantität und die Qualität des Untergewächses abhängig. Die Laubkrone, welche nach der Art der Bäume verschieden ausgebildet ist, fängt auf und benützt den größten Teil der zugeführten Energie, und es bildet sich das für verschiedene Bestände charakteristische Waldklima mit zweifacher aktiven Oberfläche.

Hierzulande befaßte sich R. WAGNER (1955) mit dem Sonnenscheindauerverhältnissen des Waldes und stellte fest, daß die Zahl der Sonnenscheinstunden in einem geschlossenen Waldbestande in der Zeit der vollkommenen Belaubung (im Juli) nur 1 bis 10 % der Zahl der Sonnenscheinstunden im freien Gelände beträgt. Nun ist aber die Sonnenscheindauer oder die Größe der Sonnenscheinenergie ein sehr wichtiger Faktor für die nicht holzigen Gewächse, welche im Walde leben, und dieser Faktor ändert sich proportional zu der Lichtabnahme und in Abhängigkeit der Baumarten, aus welchen der Wald besteht. Die Belichtungsverhältnisse des Waldes wurden in der internationalen Fachliteratur durch zahlreiche Verfasser untersucht, die wesentlichsten Werke wurden durch GEIGER (1961) gesammelt. Hierzulande wurden im Zusammenhang mit der mikroklimatischen Wirkungen des Waldes in erster Reihe die Temperatur-, Luftfeuchtigkeits- und Bodentemperatur-Beziehungen untersucht.

Die kurzwellige Energiemenge, von der der Waldboden erreicht wird, ist abhängig von der Geschlossenheit des Waldes. PAPP (1958) gelangte im Laufe einer Untersuchung des Waldklimas zur Feststellung, daß in einem Laubwalde eine 50 bis 60 % betragende Geschlossenheit erforderlich ist, um ein charakteristisches Waldklima hervorzurufen, das hauptsächlich durch der in den Bestand eindringenden Energiemenge bestimmt wird.

## Messungen und Meßgeräte

Zur Bestimmung der absorbierten und der durchgelassenen kurzwelligen Energiemenge wurden im Laufe der Jahre 1967 und 1968 in einem, auf einem Sodaboden stehenden geschützten Eichwalde in Újszentmargita Messungen in verschiedenen phenologischen Phasen und in verschiedenen Wetterlagen durchgeführt. Für die Messung bzw. Registrierung der Globalstrahlung wurde ein mit einem Punktschreiber gekoppeltes Kipp'sches Solarimeter verwendet, mit dem Messungen in Zeitabständen von 30 Sekunden durchgeführt wurden. In einer Stunde wurde eine Registrierstreifenlänge von 6 cm verbraucht. Somit konnte die Auswertung der Registrierung mit einer Genauigkeit von 0,5 Minuten ausgeführt werden. Für die Messung der durch dem Walde durchgelassenen, sowie für die Messung der reflektierten Strahlung wurde ein bewegliches Albedometer nach Janisewsky verwendet. Die Messungen wurden in dichten Beständen (in je einem Bestande an mehreren Stellen) vorgenommen, um durch dieses Verfahren bei annähernd gleicher Geschlossenheit die Einwirkung der verschiedenen Durchlässigkeit verschwinden zu lassen und für alle Meßorte einen guten Durchschnittswert erhalten zu können. Während der verschiedenen Phenophasen wurde stets an den gleichen Stellen gemessen, welche an der Abb. 1 dargestellt werden.

Im Herbst des Jahres 1967 wurde im Walde eine Pyramide mit einer Höhe von 16 m errichtet und dadurch wurde es ermöglicht, selbst innerhalb der Laubkrone Messungen in verschiedenen Höhen vornehmen zu können. Die Pyramide ist höher als der Wald und so konnte auch das Albedo des Waldes bestimmt werden. Bis zur Errichtung der Pyramide wurde die Globalstrahlung mit einem Instrument gemessen, das an einer Waldwiese aufgestellt war, deren Durchmesser etwa 100 m betrug, und den Empfehlungen von R. E. MUNN (1966) entsprach.

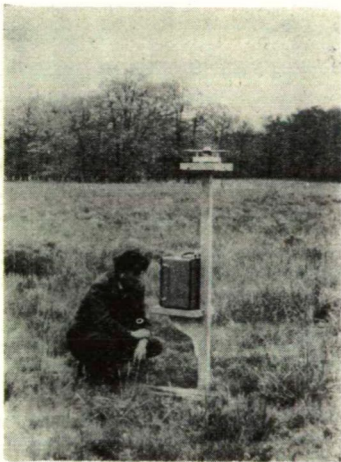


Bild 1. Das in freiem Gelände aufgestellte Strahlungsregistrier-Apparat

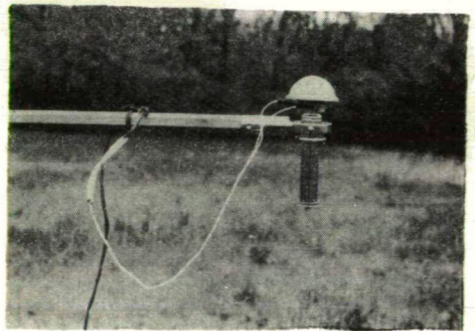


Bild 2. Bewegliches Albedometer nach Janisewsky

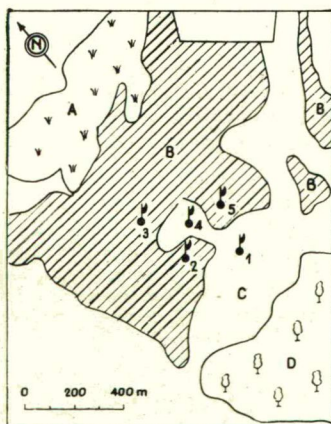


*Bild 3. Die 16 m hohe Pyramide, in einem geschlossenen Walde aufgestellt. Dieselbe wurde zur Messung der vertikalen Strahlungsverteilung verwendet*



### Messungsergebnisse

Die bisher durchgeführten Messungen, welche in drei Eichwälder von verschiedener Geschlossenheit und in einem Akazienwald vorgenommen wurden, erstrecken sich auf alle Phenophasen, auf alle Jahreszeiten und somit auch auf die unbelaubten sowie auf die belaubten Perioden. Entsprechend der Dichte des Waldes ist auch die Höhe und die Dichte der holzlosen Gewächse, welche sich im Rasenniveau befinden, recht verschieden. An der Stelle, welche an Abb. 1 mit 3 bezeichnet ist, besitzt der Bestand ein doppeltes Laubkronenniveau, indem das untere Laubkronenniveau von einer Höhe von 4 m bis zu einer Höhe 7—8 m durch einen schwarzen Ahornbestand gebildet wird.



*Abb. 1. Die Stellen, an welchen Strahlungsmessungen ausgeführt wurden 1. Freies Gelände. 2. Lockerer Wald. 3. Geschlossener Wald (Standort der 16m hohen Pyramide). 4. Kleine Lichtung. 5. Geschlossener Wald.*

## Laubloser Zustand mit einer Schneedecke

Bei einem völlig heiteren Wetter, wenn die Oberfläche durch eine zusammenhängende Schneedecke bedeckt ist, bestehen in der Reflexionsfähigkeit des Waldes und des freien, unbewaldeten Geländes recht gewaltige Unterschiede. Im freien Gelände liefert die Schneedecke eine zusammenhängende weiße Oberfläche, hingegen ist im Walde diese weiße Oberfläche durch den Baumbestand unterbrochen.

Am 20. Januar 1967, zwischen 10 und 11 Uhr, in der Gegenwart einer Schneedecke von 10—15 cm Dicke, betrug das Albedo im unbewaldeten Gelände einen Wert von 57 %, während es unter ähnlichen Verhältnissen über dem Walde (auf Grund der Messungen im Jahre 1968) nur einen Wert von 20 % besitzt. Dementsprechend bestehen auch Unterschiede in den Energiemengen, welche der Oberfläche zukommen und dort verwendet werden können. Während im freien Gelände die Bilanz der kurzwelligen Strahlung in den Mittagsstunden folgendermaßen lautet:

$$G - R = 0,183 \text{ kal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

beträgt dieser Wert über dem Walde (bei einem gleichen Werte der Globalstrahlung) 0,347 Einheiten. Von diesem Werte durchdringen bis zum Waldboden (in Abhängigkeit von der Bestandsdichte) 0,179 bzw. 0,233 Kalorien. Das ist etwa der gleiche bzw. ein höherer Wert als im freien Gelände. Der übrige Teil der Strahlung wird durch den Waldbestand aufgefangen, dieser Teil beträgt in einem geschlossenen Walde 48 % und in einem wenig dichten Walde 35 % der Bilanz. J. L. RAUNER (1961) hat in März, zur Zeit bevor der Schneeschmelze, in einem dichteren Laubwald in der Nähe von Moskau sogar eine Absorption von 19 % gemessen.

Bei der Messung am 6. Februar 1968 war das Wetter schwach neblig, so wurde die Oberfläche von keiner unmittelbaren Bestrahlung erreicht. Zeit der Messung: 11<sup>00</sup>—11<sup>30</sup>, Sonnenhöhe 22°. Dichte der Schneedecke 6—7 cm. Von den Strahlungsmengen, welche an diesem Tage gemessen wurden, absorbierte der Waldbestand 67,7 % und von der kurzwelligen Strahlungsbilanz erreichten nur 32,3 % die Erdoberfläche. In laublosen Zustand, bei niedrigem Sonnenstand absorbiert der Wald einen höheren Prozentsatz aus der Streustrahlung als aus der unmittelbaren Strahlung. L. HECKERT (1959) hat in Potsdam in einem unbelaubten Walde bei bedeckten Wetter einen Wert von 56 %, bei heiterem Wetter einen Wert von 27 % gemessen. Doch ist dieser Prozentwert stark von der Dichte des Waldes abhängig, worüber keinerlei Angaben vorliegen.

Nun ist es interessant zu untersuchen, wie diese nahezu 68 %-ige Absorption sich auf die verschiedenen Höhen des Bestandes verteilt (Tabelle 1.).

Mehr als die Hälfte von der Strahlungsmenge wurde in dem Teil oberhalb 8 m aufgefangen, wobei die niedrige Sonnenhöhe eine Rolle spielt.

## Zustand vor der Sprossenbildung

Für die Phase ist es kennzeichnend, daß keine Schneedecke mehr vorhanden ist, der Wachstum des Rasenniveaus schon einsetzt, und die Vegetation einziger früh sprossender holzigen Gewächse (hauptsächlich Saumgewächse)

Tabelle I.

(6. Februar 1968. Zeitabschnitt 11<sup>00</sup>—11<sup>30</sup>)

16 m	G—R = 0,19 kal/cm <sup>2</sup> min = 100 %
8 m	0,07 kal/cm <sup>2</sup> min
Absorbiert zwischen 16 m und 8 m	0,12 kal/cm <sup>2</sup> min = 63,2 %
2 m	0,06 kal/cm <sup>2</sup> min
Absorbiert zwischen 8 m und 2 m	0,01 kal/cm <sup>2</sup> min = 5,2 %
Bis zum Boden vorgedrungen	0,06 kal/cm <sup>2</sup> min = 31,5 %

schon im Gange ist. Da der Sonnenstand schon höher als im Winter ist, erreicht ein höherer Prozentsatz der Gesamtstrahlung die Oberfläche, wie dies aus den Messungen vom 8. März 1967 hervorgeht. Im undichten Walde beträgt die Energiemenge, welche bis zum Waldboden durchdringt, 78,4 % und im geschlossenen Walde haben wir einen Wert von 42,6 %. gemessen. Das prozentuale Verhältnis verändert sich nicht viel bis zum Beginn des Sprossens, wie dies auch aus Tabelle II. hervorgeht.

Eine der Tabelle I ähnliche Darstellung der Einzelheiten für die Messung vom 28. März 1968 befindet sich in Tabelle III, aus der ersichtlich ist, daß

Tabelle II.

Die durch den Wald absorbierte Strahlungsmenge

	Undichter Wald	Geschlossener Wald	
8. März 1967	21,6 %	57,4 %	zwischen 11—12 Uhr
28. März 1967	1,3	51,4	zwischen 10—12 Uhr
28. März 1968	—	57,1	zwischen 10—13 Uhr

Tabelle III.

Die durch verschiedene Niveaus des Waldes absorbierte Strahlung

Am 28. März 1968, zwischen 10—13 Uhr, Mittelwerte aus 3 Messungen.

16 m	G—R = 0,71 kal	100 %	15,2 °C
12 m	0,63 kal		15,4 °C
Absorbiert zwischen 16 und 12 m	0,08 kal	11,2 %	
8 m	0,42 kal		15,4 °C
Absorbiert zwischen 12 und 8 m	0,21 kal	29,5 %	
4 m	0,32 kal		15,3 °C
Absorbiert zwischen 8 und 4 m	0,10 kal	14,1 %	
2 m	0,30 kal		15,6 °C
4—2	0,02 kal	2,8 %	
2—0	0,30 kal	42,3 %	17,6 °C

abgesehen von der bodennahen Schicht (2 m) die meiste Energie im Laubkronenniveau zwischen 8 und 12 m absorbiert wird, namentlich 57,1 %, und zwar im eigentlichen Astniveau. Die Absorption der kurzwelligen Strahlung in Bodennähe, welche 43 % beträgt, bedeutet eine Erhöhung von 2° in der Lufttemperatur der bodennahen Schicht. Infolge dieses relativen Licht- und Strahlenreichtums beginnt das rasche Wachstum und das Blühen des Untergetwächses, wie z. B. Veilchen, dann *Muscari botryoides* usw. Im laublosen Zustande sind auch die Lichtverhältnisse sehr günstig. An diesem Tage wurde um 11<sup>00</sup> in einer Höhe von 16 m eine Beleuchtungsintensität von 49 000 lux gemessen, im Walde in einer Höhe von 2 m hingegen eine solche von 23 500 lux. Der Ausmaß der Abnahme steht in Übereinstimmung mit der Abnahme der Strahlung. Mit dem Schließen der Laubkrone findet das Blühen dieser nicht-holzigen Pflanzen ein Ende, und bei einigen von ihnen, wie z. B. im Falle des *Muscari botryoides* geht selbst das Wachstum zu Ende.

### Periode des Sprossens

In dieser phenologischen Phase (und hauptsächlich zu Beginn dieser Phase, als das Sprossen sich noch im Anfangsstadium befindet) nimmt das Ausmaß der Absorption im undichten Walde ab, und verbleibt im geschlossenen Walde unverändert, worin eine Folge der Zunahme der Sonnenhöhe erkannt werden muß. Mit der zunehmenden Belaubung des unteren Kronenniveaus nimmt die bis zum Boden durchdringende Energiemenge rasch ab, und mehr als 50 % der absorbierten Energiemenge wird zwischen 2 m und 8 m Höhe verbraucht. In Tabelle IV wird die am 23. April 1968 gemessene Strahlungsverteilung zusammengefaßt.

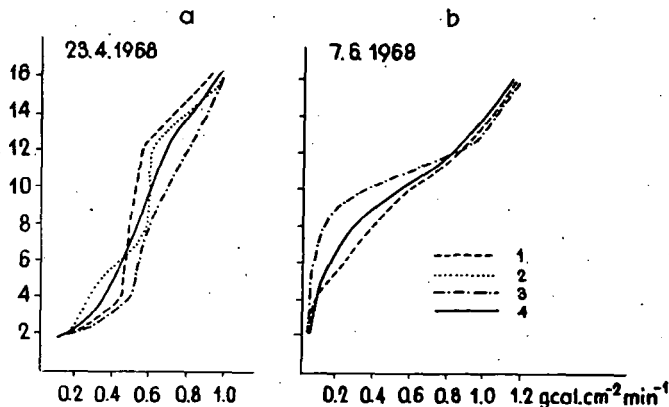
Tabelle IV.

Verteilung der kurzwelligen Strahlungsbilanz im Walde an einem heiteren windstillen Tage.

23. April 1968	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	14 <sup>b</sup>	Mittel	%
16 m	G = 0,91	0,99	0,98	0,94	0,96 kal	100
	R = 0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	
	G - R = 0,78	0,85	0,84	0,80	0,82	
12 m	G = 0,56	0,60	0,79	0,74	0,67	18,2
Absorbiert zwischen 16 und 12 m	0,22	0,25	0,05	0,06	0,15	
8 m	G = 0,48	0,59	0,60	0,51	0,54	
Absorbiert zwischen 12 und 8 m	0,08	0,01	0,19	0,23	0,13	15,9
4 m	G = 0,45	0,26	0,49	0,25	0,36	
Absorbiert zwischen 8 und 4 m	0,03	0,33	0,11	0,26	0,18	
2 m	G = 0,04	0,18	0,18	0,10	0,12	22,0
Absorbiert zwischen 4 und 2 m	0,40	0,08	0,31	0,15	0,24	
Auf den Boden	0,04	0,18	0,18	0,10	0,12	



Abb. 2. Verteilung der kurzwelligen Strahlung in einem geschlossenen Walde. „a“ am 23. April 1968; „b“ am 7. Juni 1968.



Das untere Kronenniveau verfügte schon mit einer nahezu vollkommenen Laubkrone, während im Kronenniveau erst noch Sprösse von 5—10 cm Länge zu finden waren. Demzufolge beträgt der Wert der kurzwelligen Strahlungsbilanz am Waldboden durchschnittlich nur 15 % des über dem Walde bestehenden Wertes. Die übrige Energiemenge wird in den verschiedenen Höhen des Bestandes, hauptsächlich aber im unteren Kronenniveau verbraucht (29,1 + 22,1 %). In den Mittagsstunden, als der Sonnenstand am höchsten ist, verschlingt die Laubkrone oberhalb 12 m einen kleineren Teil der Globalstrahlung, als in den Vormittags- oder Nachmittagsstunden. Auch ist zu dieser Zeit auch die Energiemenge höher, die bis zum Boden durchdringt (22 %). Somit kann festgestellt werden, daß solange die Laubkrone sich nicht gänzlich geschlossen hat, große Unterschiede im Tagesgang der Strahlungsumsätze der verschiedenen Niveaus sich entwickeln.

An der Abbildung 2 werden die in den einzelnen Niveaus gemessenen Strahlungsmengen angeführt, wobei im Teil „a“ der Abbildung die Messungen vom 23. April 1968 dargestellt sind. Es ist gut ersichtlich, daß durch das untere Kronengebiet, welches in 12 m Höhe beginnt, ein bedeutender Teil der angelangenden Strahlung absorbiert wird. Die zweite Absorptionsschicht befindet sich unterhalb von 4 m.

### Zustand der vollen Belaubung

Im geschlossenen Walde erreicht nach der Schließung der Belaubung den Waldboden nur ein sehr geringer Teil der kurzwelligen Strahlung. Tabelle V enthält Meßergebnisse, welche an einem bedeckten Tage (16. Mai 1967) gewonnen wurden in einem lockeren und einem geschlossenen Bestande. Im lockeren Bestande sind es 52 % der Strahlung, welche über den Laub durchdringen. Dem zufolge erreicht das nichtholzige Untergewächs selbst eine Höhe von 20 bis 30 cm. Im geschlossenen Waldbestande gibt es nur wenig Untergewächs, da hier der Boden nur 10—15 % der Energiemenge erhält, welche der Kronenoberfläche zukommt. Dies ist für die Aufrechterhaltung einer Vegetation unzulänglich, demzufolge pausiert hier größtenteils die Vegetation des Untergewächses. Gegen Sommermitte wird die Schließung eine noch vollkommenere.

Tabelle V.

16. Mai 1967

Bedeckt bis wechselnd bewölkt

	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	Mittel, %
<i>Lockerer Waldteil</i>						
$G_t$	0,36	0,75	0,90	0,61	0,36	
R	0,07	0,11	0,13	0,09	0,05	
G-R	0,29	0,64	0,77	0,52	0,31	
2 m	0,17	0,29	0,40	0,28	0,16	
Absorbiert	0,12	0,35	0,37	0,24	0,15	
%	41,4	54,6	48,1	46,1	48,1	48,3
<i>Geschlossener Waldteil</i>						
$G_t$	0,37	1,07	0,63	0,47	0,28	
R	0,05	0,15	0,09	0,07	0,04	
G-R	0,32	0,92	0,54	0,40	0,24	
2 m	0,06	0,05	0,10	0,08	0,04	
Absorbiert	0,26	0,87	0,44	0,32	0,20	
%	81,3	94,5	81,2	80,0	83,3	84,1

Bedeutung des Symbols  $G_t$  = Globalstrahlung auf freiem Gelände.

Auf Grund der am 7. Juni 1968 vorgenommenen Messung erreichen nur 5 % der kurzwelligen Energiemenge den Boden. 92 % der kurzwelligen Energiemenge werden in dem in 4 m Höhe beginnenden und bis 12 m Höhe sich erstreckenden Kronenniveau absorbiert, hauptsächlich zwischen 12 m und 8 m Höhe, wie dies auch aus Teil „b“ der Abb. 2 hervorgeht. BAUMGARTNER (1956) bestimmte für den 7. Juli 1952 in einem Nadelwald eine 94 % betragende Absorption am Boden, bezogen auf die Tagessumme der Gesamtstrahlungsbilanz. Auf Grund der im Jahre 1968 ausgeführten Messungen wurde Abb. 3 entworfen, in welcher die Resultate der in verschiedenen Zeitpunkten ausgeführten Messungen dargestellt werden vom Stadium bevor des Sprießens bis zur vollen Belaubung. Es ist ersichtlich, daß mit der Ausbildung der Belaubung der Teil,

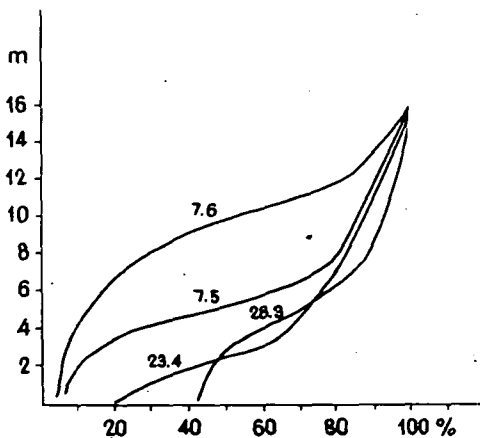
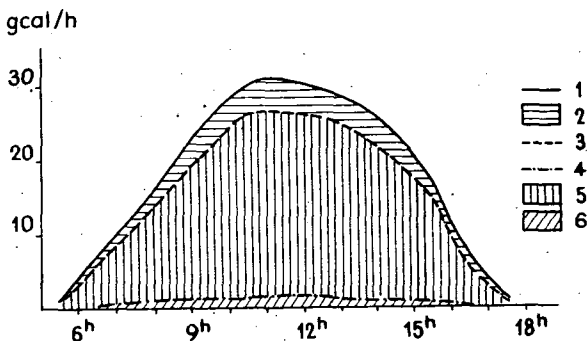


Abb. 3. Vertikale Verteilung der in verschiedenen Zeitpunkten gemessenen Mittelwerte der Strahlung in einem geschlossenen Walde

Abb. 4. Tagesgang der kurzwelligen Strahlungskomponenten in einem geschlossenen Walde, bei voller Belaubung, Mittelwert von 8 Tagen



durch welchen die kurzwellige Strahlung absorbiert wird, stufenweise auf das höhere Niveau verschoben wird. Im unbelaubten Zustande (28. April) erreichen nahezu 50 % den Boden, hingegen hat man für den 7. Juni nur einen Wert von 5—6 %. Der übrige Teil wird hauptsächlich in der Laubkrone unterhalb 12 m absorbiert.

In der Zeit vom 8. bis 19. September 1967 wurde die Globalstrahlung über dem Walde und im Walde in 2 m Höhe, sowie die Reflexionsstrahlung über dem Walde fortlaufend registriert und wir waren somit in der Lage, auch den Tagesgang der in den Wald eindringenden Strahlungsmenge zu untersuchen. Die Angaben dieser Messungsperiode werden in Abb. 4 dargestellt. Wie ersichtlich, erhält die Bodenoberfläche nur etwa 5—6 % der einfallenden kurzwelligen Energiemenge. Die Tagessumme der Energiebilanz ( $G-R$ ) der auf die Waldoberfläche einfallenden kurzwelligen Strahlung beträgt im 8-tätigen Mittel:  $206,8 \text{ kal/cm}^2$ , gleichzeitig hat man an der Bodenoberfläche den Wert  $11,6 \text{ kal/cm}^2$ . Zu dieser Zeit besitzt der Wald noch eine sommerliche Laubkrone. Infolge der Saumvegetation dringt bei der frühmorgendlichen und spätnachmittäglichen Sonnenhöhe keine Strahlung im Walde ein, eine Bestrahlung erfolgt erst, wenn der Sonnenstand einen gewissen Wert überschreitet. Mit der Zunahme der Sonnenhöhe erfolgt auch eine Zunahme der in den eindringenden Energiemenge.

Im Laufe des Herbstes erfolgt mit dem Abfallen des Laubes eine stufenweise fortschreitende Eröffnung des Bestandes und der Waldboden erhält immer mehr und mehr Bestrahlung. Die im November 1967 gemessenen Angaben werden auf Abb. 5 mitgeteilt. Im Durchschnitt von zwei Tagen hat man

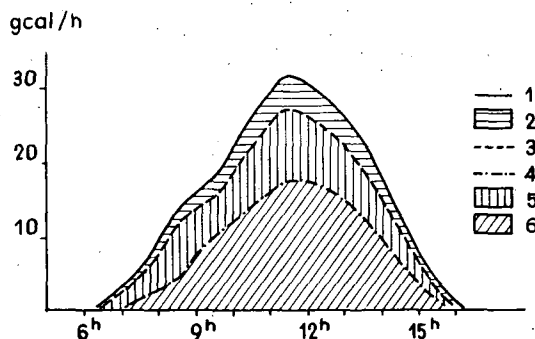


Abb. 5. Tagesgang der kurzwelligen Strahlungskomponenten in einem geschlossenen Walde in November, Mittelwert von 2 Tagen

über dem Walde eine kurzwellige Strahlungsbilanz von  $137 \text{ gcal/cm}^2$  und am Boden einen Wert von  $70,3 \text{ kal/cm}^2$ , der letztere Wert beträgt 60 % des Wertes über dem Walde. (BERÉNYI und NAGY, 1968). Diese Zunahme kommt auch in der vertikalen Temperaturverteilung zur Geltung. Im Gegensatz zu den im September ausgeführten Messungen, nach welchen die Temperatur im Walde eine Zunahme mit der Höhe aufgewiesen hat, erhält man nach den Messungen im November fast keine Temperaturänderungen mit der Höhe. Die Temperaturamplitude hat dabei auch im Walde zugenommen. Der laublose Zustand sichert bessere Möglichkeiten für eine Vermischung mit der Umgebungsluft, und dieser Vorgang ist auch ein rascherer.

Aus den vorliegenden Untersuchungen kann festgestellt werden, daß die kurzwellige Strahlungsmenge, welche bis zum Waldboden durchdringt, von der Dichte des Waldes und von der Mächtigkeit der Laubkrone abhängig ist. Diese Strahlungsmenge ist bei laublosem Zustande die höchste. Die Temperaturverhältnisse des Waldes werden nicht nur durch die empfangene kurzwellige Strahlungsmenge bestimmt, sondern auch durch den seitlichen Luftaustausch.

#### LITERATUR

- BAUMGARTNER, A. (1956): Untersuchungen über den Wärme- und Wasserhaushalt eines jungen Waldes. Ber. D. Wetterd. 2. Nr. 28.
- BERÉNYI, D. — NAGY, L. (1968): Mikroklíma mérések az Újszentmargitai védett erdőben és annak környékén (Mikroklimatische Messungen im geschützten Waldgebiet von Újszentmargita und dessen Umgebung), Acta Geographica Debrecina. XIV. (Serie VII., 35 — 43).
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der Bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1961.
- HECKERT, L. (1959): Die klimatischen Verhältnisse in Laubwäldern, Z. Meteorol. 13. 211 — 223.
- MUNN, R. E. (1966): Descriptive Micrometeorology, London 1966. pp. 155 — 157.
- PAPP, L. (1958): A záródás és az állományklíma kapcsolata (Zusammenhang zwischen Geschlossenheit und Bestandsklíma), Erdészettudományi Közlemények, Budapest 1958, 134 — 135.
- RAUNER, YU. L. (1961): On the Heat Budget of a Deciduous Forest in Winter (Wärmebilanz eines aus Laubbäumen bestehenden Waldes im Winter), in: R. E. Munn: Descriptive Micrometeorology, New York, 1966. p. 156.
- WAGNER, R. (1955): A mikroklímák elrendeződése Hosszúbércen (Verteilung der Mikroklimaten am Hosszúbérc). Beszámoló az 1955-ben végzett kutatásokról. Orsz. Meteorológiai Intézet, amtliche Veröffentlichungen, Bd. 20. pp. 197 — 213.

## ANGABEN ÜBER BODENTEMPERATUREN IN BAUMWOLLE- UND HANF-BESTÄNDEN

VON BOROS, J.—SUHAI, F.

**Zusammenfassung:** Das klimatologische Institut der Universität Szeged unternahm im Jahre 1953 in der Ortschaft Székkutas mikroklimatologische Untersuchungen in Baumwolle- und Hanfbeständen. Von einer Bodentemperaturreihe, die sich auf die Vegetationsperiode des Hanfes bezog, wurden auf Grund der charakteristischen phenologischen Perioden des Hanfes Fünftagemittel gebildet und auf dieser Grundlage wurden die Extremwerte und der Tagesgang der Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen untersucht.

Im Laufe der Untersuchungen über den Baumwollenbestand wurde es erwiesen, daß die höchsten Abweichungen der Bodentemperatur gegenüber den Bodentemperaturen eines freien Geländes in den Vormittagsstunden und in den Nachmittagsstunden verzeichnet werden.

Aus den Bodentemperaturangaben des Hanfbestandes konnte festgestellt werden, daß innerhalb des Bestandes von Ende Juni angefangen ein abhängiges Mikroklima vorhanden ist, und es wird (im Einklang mit ähnlichen Messungen, die durch andere Verfasser durchgeführt worden sind) angenommen, daß dieses abhängiges Klima unter der Einwirkung der Aussaatsdichte stehe.

Auch nach dem Schnitt des Hanfbestandes wurden noch die Bodentemperaturverhältnisse des Hanfstoppelfeldes untersucht.

**Summary:** The Climatological Institute of the University Szeged undertook in the course of the year 1953 at a locality called Székkutas some microclimatological investigations in cotton and hemp crops. From a series of soil temperature observations which extends to the growing period of hemp, five-day average values have been selected according to the characteristic phenological periods of the development of the hemp crop; and on this basis, we investigated the extreme values and the daily variation of soil temperatures at different depths.

In the course of the investigations concerning the cotton crop, it has been demonstrated that soil temperatures in the cotton crop are exhibiting the most discrepancy from soil temperatures at a free location during the forenoon and during the afternoon.

On the basis of soil temperature data of the cotton crop it has been demonstrated that, from the end of June, the crop is possessing a so-called dependent climate and we assumed, in accordance with similar measurements of other authors, that climate is depending on the crop density.

We investigated as well soil temperatures after the cutting of the hemp crop.

## Einleitung

Das Klima eines Pflanzenbestandes, das sog. Bestandklima, ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Durch die Geschlossenheit, durch die Masse und durch das Wurzelsystem des Bestandes wird der Strahlungsumsatz, der Wärme- und Wasserhaushalt, sowie auch die Luftbewegung innerhalb des Bestandes beeinträchtigt. Gleichzeitig wird vom Bestandsklima eine Rückwirkung auf die Entwicklung der Vegetation ausgeübt, es werden die Lebensbedingungen der tierischen und pflanzlichen Schädlinge sowie das Bodenleben bestimmt, usw. Diese gegenseitige Wirkung kann im Wege einer richtigen Wahl der agrotechnischen Maßnahmen beeinflusst werden, hierzu ist es aber unumgänglich notwendig, daß man über eine genaue Kenntnis des tatsächlichen Bestandklimas verfügen soll. Zu einer vollständigen Erschließung aller Faktoren des Bestandklimas (D. BERÉNYI 1958, R. WAGNER 1956, 1965) kann es unter Versuchsbedingungen nur in seltenen Fällen kommen, doch kann die Bearbeitung einzelner Teilprobleme wichtige Angaben zur Erkenntnis des Bestandklimas liefern.

In der vorliegenden Arbeit werden die Bodentemperaturverhältnisse von Hanf- und Baumwollenbestände für charakteristische phenologische Perioden der betreffenden Pflanzen untersucht im Vergleich mit ein pflanzenloses „freies Gelände“.

Mit den Temperaturverhältnissen eines Hanfbestandes befaßten sich E. TAM (1936), G. HAVAS (1914), ÉVA BENEDEK (1954), R. WAGNER (1956), J. JUSTYÁK (1957) und durch diese Untersuchungen wurde das Bestehen gewaltiger Temperaturunterschiede zwischen Hanfbestand und freiem Gelände erwiesen.

Mit den klimatischen Ansprüchen der Baumwolle und mit den Messungen der Boden- und Lufttemperaturen in einem Baumwollenbestande befassen sich die Arbeiten von V. A. VIZGIN (1951), V. E. REINGARDT (1952) und R. WAGNER (1956).

Unsere Zielsetzung besteht darin, die Extremwerte und den Tagesgang der Bodentemperatur für die verschiedenen phenologischen Phasen zu beschreiben. Wir untersuchen auch die Bodentemperaturverhältnisse des Hanfstoppelfeldes nach dem Schnitt der Hanfernte.

Die mikroklimatologischen Messungen wurden in der Zeit vom 13. Mai bis 2. September 1953 auf dem Gebiete der Forschungsanstalt für Baumwollenanbau in Székuta durch das Personal des Klimatologischen Instituts der Universität Szeged unter der Leitung von Prof. RICHARD WAGNER ausgeführt.

An den Versuchspartzellen wurden ständige, stündlich ausgeführte Bodentemperaturmessungen, zu zwei Zeitabschnitten einige Tage lang ausgeführte Lufttemperaturmessungen, sowie visuelle Wetterbeobachtungen vorgenommen.

Die Bodenverhältnisse der Versuchspartzellen an den drei Beobachtungsstationen waren identisch, und dieselben wurden seitens des Landes-Qualitätskontrollinstitutes als ein „auf einem Lössboden zustandegekommenes kalkiges Wiesen-Czernosom mit gutem Wasserhaushalte und mit großer Produktionstiefe“ bezeichnet. Bodentemperaturen wurden an allen drei Beobachtungsstellen in den Tiefen von 0 cm, 5 cm und 10 cm, und außerdem im Hanfbestande in einer Tiefe von 15 cm, und im freien Gelände in 20 cm Tiefe

gemessen. Bei den Vergleichen haben wir aber nur die Angaben für 0 cm, 5 cm und 10 cm verarbeitet.

Aus der 110 tändigen Angabenreihe wurden entsprechend der Witterung und den Phenophasen des Hanfes vier, je fünftägige Perioden ausgewählt, unter Zugrundelegung von heiteren Tagen mit Strahlungswetter.

Diese vier Perioden sind die folgenden:

1. Gewaltiger Beginn der vegetativen Entwicklung des Hanfes: 15., 16., 17., 18 und 20. Mai
2. Periode der gewaltigen vegetativen Entwicklung des Hanfes: 15., 16., 18., 20. und 21. Juni
3. Blüte des Hanfbestandes: 17., 18., 19., 22. und 23. Juli
4. Gelbe Verfärbung des Hanfbestandes: 17., 18., 19., 20. und 21. August

### Bodentemperatur des Baumwollenbestandes.

Innerhalb der untersuchten Periode fanden wir in der 0-cm-Schicht des Baumwollenbestandes keine wesentlichen Abweichungen gegenüber des freien Geländes. Die Unterschiede nehmen von Mai bis August langsam und gleichmäßig zu und erreichen in August ihren Maximalwert von 6,4 °C.

In den Niveaus von 5 und 10 cm sind die Maxima bis auf einige Zehntelgrade die gleichen (Tabelle I.).

Die Minima der Bodentemperatur im 0-cm-Niveau sind im Baumwollenbestand um 1,7—1,0 °C höher, da der Pflanzenbestand einen Schutz gegenüber der unmittelbaren, raschen Abkühlung der Oberfläche bietet. In den größeren Tiefen hingegen ist der Boden infolge der gemäßigten Tageserwärmung schon kühler als im freien Gelände.

Tabelle I.

		0 cm			5 cm			10 cm		
		Max. Min. Δ			Max. Min. Δ			Max. Min. Δ		
Mai	F	32,3	8,4	23,9	27,3	11,3	16,0	23,4	12,6	10,8
	H	27,3	10,1	17,2	25,3	11,4	13,9	21,8	12,6	9,2
	F—H	5,0	—1,7	6,7	2,0	—0,1	2,1	1,6	0,0	1,6
Juni	F	39,4	14,9	25,5	32,0	18,9	13,1	30,7	19,6	11,1
	Bw	35,0	16,2	18,8	31,8	17,9	13,9	29,8	18,9	10,9
	F—Bw	4,4	—1,3	6,7	0,2	1,0	—0,8	0,9	0,7	0,2
Juli	F	41,9	17,6	24,3	35,0	21,8	13,2	33,8	22,2	11,6
	Bw	37,2	18,6	18,6	35,0	19,7	15,3	32,9	20,9	12,0
	F—Bw	4,7	—1,0	5,7	0,0	2,1	—2,1	0,9	1,3	—0,4
August	F	42,7	15,8	26,9	32,9	20,7	12,2	31,8	21,1	10,7
	Bw	36,3	16,8	19,5	32,8	18,6	14,2	29,9	19,8	10,1
	F—Bw	6,4	—1,0	7,4	0,1	2,1	—2,0	1,9	1,3	0,6

Extremwerte der Bodentemperaturen im freien Gelände (F) und im Baumwollenbestande (Bw). Fünftägige Mittelwerte.

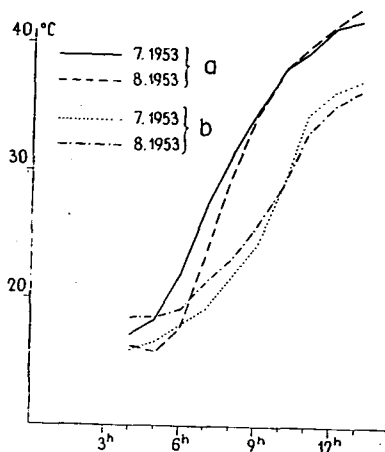


Abb. 1. Stundenwerte der Bodentemperatur für das 0-cm-Niveau zur Zeit der intensiven Erwärmung  
a = freies Gelände, b = Baumwollenbestand

Auf Grund einer Untersuchung der Extremwerte kann es festgestellt werden, daß die Unterschiede zwischen den Bodentemperaturen des Baumwollenbestandes und den Bodentemperaturen in gleichen Tiefen des offenem Geländes langsam und ständig zunehmen. Auf Grund der Extremwerte ergibt sich, daß die Beschattungswirkung des Baumwollenbestandes in der ganzen Beobachtungsperiode eine mäßige ist.

Auf Grund der Untersuchung der Tagesgänge der Bodentemperatur kann es erwiesen werden, daß die größten Temperaturunterschiede zwischen Baumwollenbestand und freies Gelände nicht zwischen den Extremwerten der Temperaturen auftreten,

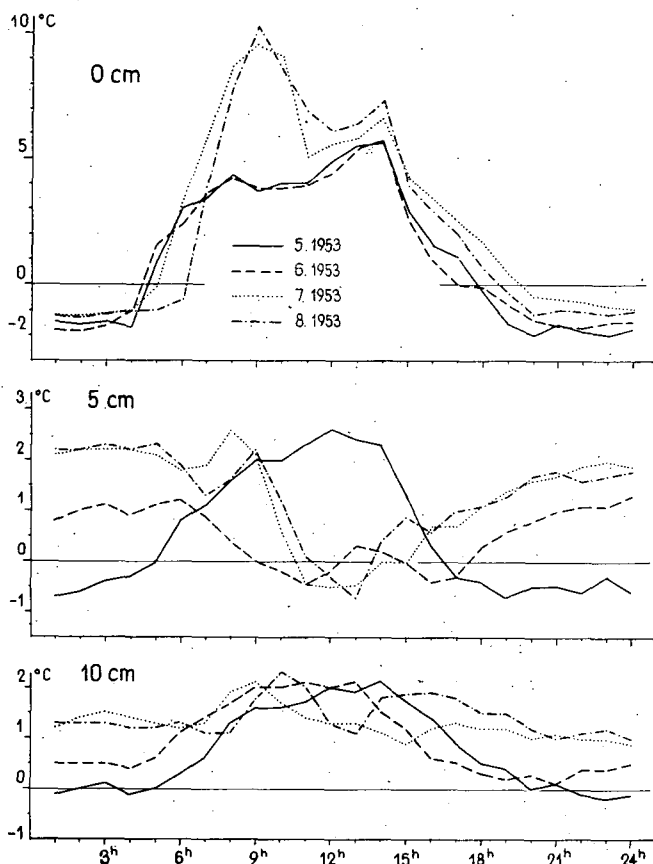
Im Laufe der Entwicklung des Baumwollenbestandes und mit der Zunahme des Beschattungseinflusses ergibt sich im 0-cm-Niveau in der intensiven Tageserwärmung, die nach dem morgendlichen Temperaturminimum einsetzt, eine Verzögerung, welche in den Monaten Juli und August etwa zwei Stunden beträgt; in der Zeit zwischen 06 und 07 Uhr übertrifft die Erwärmungsgeschwindigkeit im freien Gelände schon den Wert von  $5,0^{\circ}\text{C}/\text{Stunde}$ , beträgt aber zur selben Zeit im Baumwollenbestande nur  $1,4^{\circ}\text{C}/\text{Stunde}$  und erreicht erst zwischen 09 und 10 Uhr den Wert von  $5,1^{\circ}\text{C}/\text{Stunde}$  (Abb. 1). Hieraus folgt, daß die täglichen maximalen Temperaturunterschiede nicht bei dem höchsten Sonnenstand, sondern erst später, bei einem Sonnenstande erreicht werden, der weniger günstig für eine Besonnung des Bestandes ist, das Minimum der Unterschiede tritt hingegen zur Zeit des höchsten Sonnenstandes auf.

Im Tagesgange der Temperaturunterschiede zwischen den beiden Stationen können, für das 0-cm-Niveau, in den vier Angabenserien, zwei Typen unterschieden werden. Im Mai und Juni ist bis 04 Uhr der Boden des Baumwollenbestandes um  $1,0$ — $1,2^{\circ}\text{C}$  wärmer; eine Stunde später ist aber schon das freie Gelände um  $1,5^{\circ}\text{C}$  wärmer und um 07 Uhr erreicht dieser Unterschied schon den Wert von  $3,0$ — $3,5^{\circ}\text{C}$ ; zwischen 07 und 11 Uhr besitzt er einen Wert von  $4,0^{\circ}\text{C}$  (mit einem sekundären Maximum von  $4,5^{\circ}$  um 8 Uhr), und das Hauptmaximum ( $6,2^{\circ}$ ) wird um 14 Uhr erreicht und in den darauffolgenden 3 Stunden nimmt er, infolge der raschen Abkühlung des freien Geländes, auf  $1,0$ — $0^{\circ}$  ab.

Im Laufe des Julis und des Augusts tritt der zweite Typus in den Vorder-



Abb. 2. Unterschiede der Stundenwerte der Bodentemperatur im freien Gelände und im Baumwollenbestand. Fünftägige Mittelwerte.



grund (Abb. 2), in welchem das Doppelmaximum um 10 und 14 Uhr entschieden getrennt erkennbar ist. Das Vormittagsmaximum ist das Hauptmaximum mit einem Wert der in August 10,4 Grade erreicht. Zur Zeit des höchsten Sonnenstandes nimmt aber der Unterschied auf 5,0—6,0 Grade ab. In den Nachtstunden, als eine Folge der geringeren Tageserwärmung, konvergieren die Abweichungen in der Beobachtungsperiode zu 0 °C.

Der Tagesgang der Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe besitzt einen anderen Charakter. Hier hat man im Mai bei Nacht eine um 0,5—0,8° höhere Temperatur und bei Tage eine um 2,6° niedrigere Temperatur als im freien Gelände. In den nächsten drei Monaten bildet der Tagesgang ein Spiegelbild des Tagesganges in Mai: der Baumwollenbestand ist während der ganzen Nacht kühler und bei Tage wärmer als das freie Gelände. In allen drei Monaten sind die Werte der Mittagsstunden die gleichen; im Juli und im August ist der Baumwollenbestand bei Nacht um 1,0—1,2° kühler. Somit erreicht die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe unter einem Baumwollenbestand, unter der Einwirkung des beschattenden, aber zu gleicher Zeit auch die Ausstrahlung vermindernenden Einflusses des Bestandes, in den Mittagsstunden die Temperatur im freien Gelände, und die letztere wird sogar übertroffen; jedoch gelangt im

Laufe der ganzen Bestrahlungsperiode nicht genug Energie in den Boden, um zu verhindern, daß der Boden zu Nacht kühler werde als das freie Gelände.

Im 10-cm-Niveau findet man ebenfalls eine zweifache Gliederung: in Mai und Juni sind die Nachttemperaturen nahezu gleich an den beiden Stationen, doch ist in den nachfolgenden zwei Monaten der Baumwollbestand nachts kühler als das freie Gelände. Die maximale Abweichung hat in allen vier Monaten nahezu den selben Wert. Der Unterschied zwischen den beiden Typen kann auch durch die Tagesamplitude ausgedrückt werden, im Mai—Juni beträgt die Tagesamplitude der Temperaturabweichung 2,0—2,2°, in Juli und August beträgt sie nur 1,0—1,3°.

Somit gelangt der beeinträchtigende Einfluß des Baumwollenbestandes auf die Bodentemperaturen dadurch zum Ausdruck, daß im Laufe der Entwicklung der Baumwolle die höchsten Temperaturabweichungen auf die Vormittagsstunden und die Nachmittagsstunden verschoben werden, und demzufolge im Tagesgang der Temperaturabweichungen ein Doppelmaximum und ein Doppelminimum verzeichnet werden.

### Bodentemperatur des Hanfbestandes

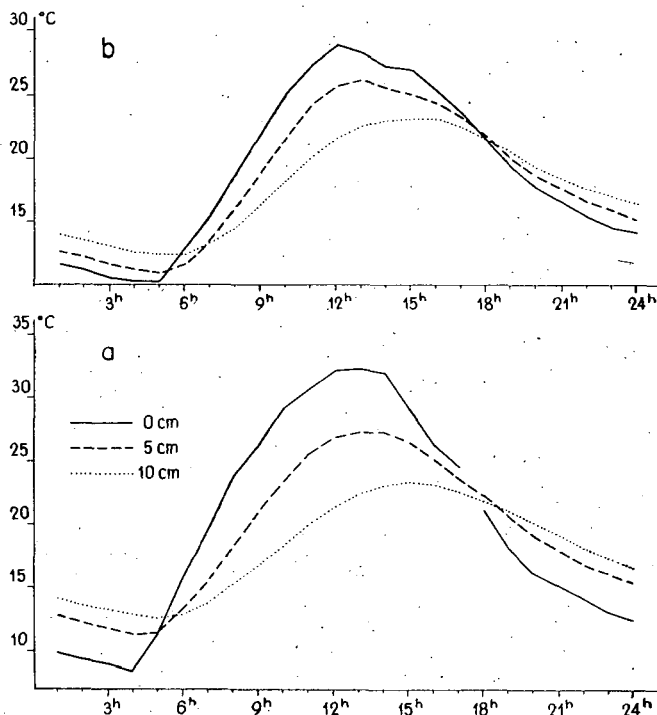
Die Höhe des Hanfbestandes beträgt im Mai 25—28 cm. In diesem Zeitabschnitte ist die Abweichung der Maxima der Bodentemperatur gegenüber den Bodentemperaturen im freien Gelände in 0 cm 3,4°, in 5 cm 1,1° und in 10 cm 0,3°. In Bezug auf die Minimumtemperaturen ist das 0-cm-Niveau des Bestandes um 1,0—1,5° wärmer, doch sind die tieferen Schichten um einige Zehntelgrade kühler als das freie Gelände (Tabelle II.).

Tabelle II.

		0 cm			5 cm			10 cm		
		Max. Min. Δ			Max. Min. Δ			Max. Min. Δ		
Mai	F	32,3	8,4	23,9	27,3	11,3	16,0	23,4	12,6	10,8
	H	28,9	10,2	18,7	26,2	10,9	15,3	23,1	12,3	10,8
	F—H	3,4	—1,8	5,2	1,1	0,4	0,7	0,3	0,3	0,0
Juni	F	39,4	14,9	25,5	32,0	18,9	13,1	31,7	19,6	11,1
	H	23,7	16,2	7,5	22,8	16,5	6,3	21,7	17,2	4,5
	F—H	15,7	—1,3	18,0	9,2	2,4	6,8	9,0	2,4	6,6
Juli	F	41,9	17,6	24,3	35,0	21,8	13,2	33,8	22,2	11,6
	H	25,8	17,6	8,2	24,4	17,9	6,5	23,2	18,6	4,6
	F—H	16,1	0,0	16,1	10,6	3,9	6,7	10,6	3,6	7,0
August	F	42,7	15,8	26,9	32,9	20,7	12,2	31,8	21,1	10,7
	H	25,3	16,5	8,8	24,0	17,0	7,0	22,8	17,9	4,9
	F—H	17,4	—0,7	18,1	8,9	3,7	5,2	9,0	3,2	5,8

*Extremwerte der Bodentemperaturen im freien Gelände (F) und im Hanfbestande (H). Fußtägige Mittelwerte*

Abb. 3. Bodentemperaturen im Monat Mai (Fünftägige Mittelwerte). a=freies Gelände b=Hanfbestand.



Die Länge der Periode zwischen Eintreten der Minimum- und Maximumtemperatur (d. h. der Periode mit einem positiven Werte des Wärmeumsatzes), erfährt in jeder Schicht eine Abkürzung von etwa 2 Stunden, da der Bestand schon bei Sonnenaufgang eine Behinderung für die Besonnung des Inneren des Bestandes darstellt und der Zeitpunkt der Maximaltemperatur im 0-cm-Niveau unmittelbar mit dem Zeitpunkt des höchsten Sonnenstandes zusammenfällt und dann setzt eine Abkühlung mit der Geschwindigkeit von 0,5—1,0 °C/Stunde ein. Somit kommt die Beschattungswirkung während des ganzen Tages zur Geltung, selbst im Falle dieses niedrigen Bestandes. Die austrahlungsvermindernde Wirkung des Bestandes geht daraus hervor, daß das 0-cm-Niveau im Bestande bei Nacht um 1,7—2,0° wärmer ist, als im freien Gelände; und die tieferen Schichten, obwohl ihre Maximumtemperatur um etwa 1° geringer ist, sich nur um 0,2—0,4° mehr abkühlen, als die gleichen Tiefen des freien Geländes.

Die großzügige vegetative Entwicklung des Hanfbestandes wird gegen Ende Juni abgeschlossen. Im Laufe eines Monats erreicht sie eine Höhe von 110—115 cm, das Blattersystem bildet sich aus; die Blätter vergrößern sich. Für die Ausmaße dieser Entwicklung ist es charakteristisch, daß (nach den Angaben von Gy. Csókás, 1941) der Trockenstoffgehalt des Blattes (der eine zur Blattoberfläche proportionale Größe darstellt) im Laufe dieses Monats fünf- bis sechsmal so viel als im Mai zunimmt, doch beobachtet man in Juli und August nur die gleiche Zunahme wie im Mai. Mit dieser großzügigen Entwicklung wird der Zusammenschluß der Blätter praktisch beendet, der Bestand wird für die direkte Strahlung undurchdringlich, somit wird die

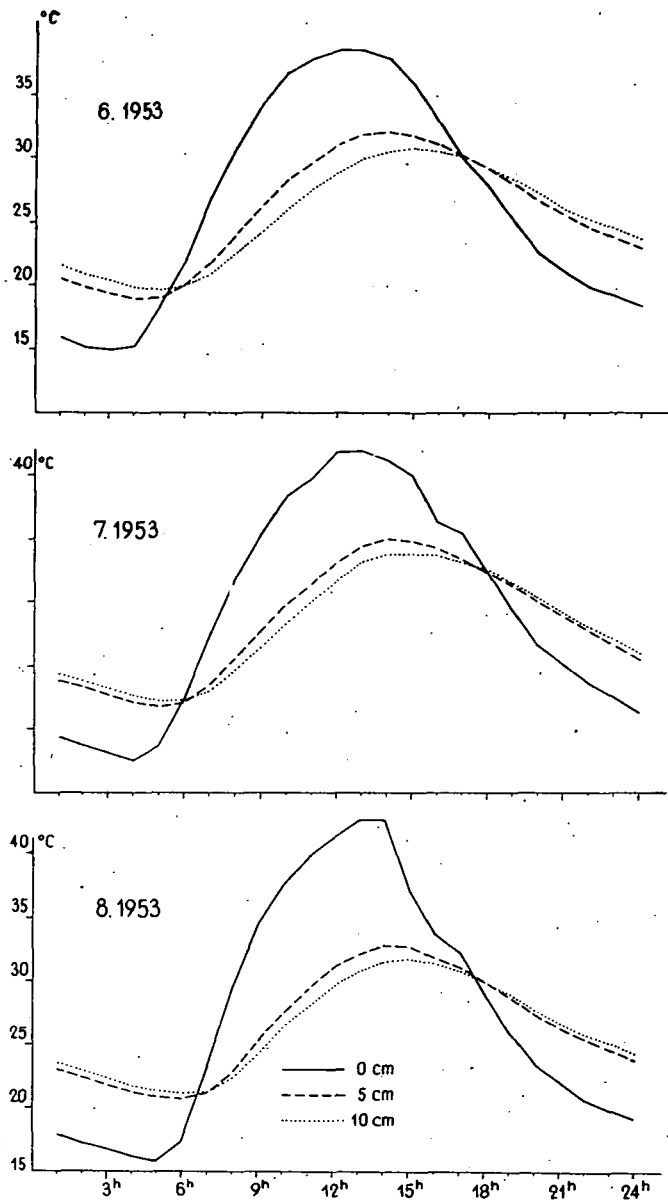
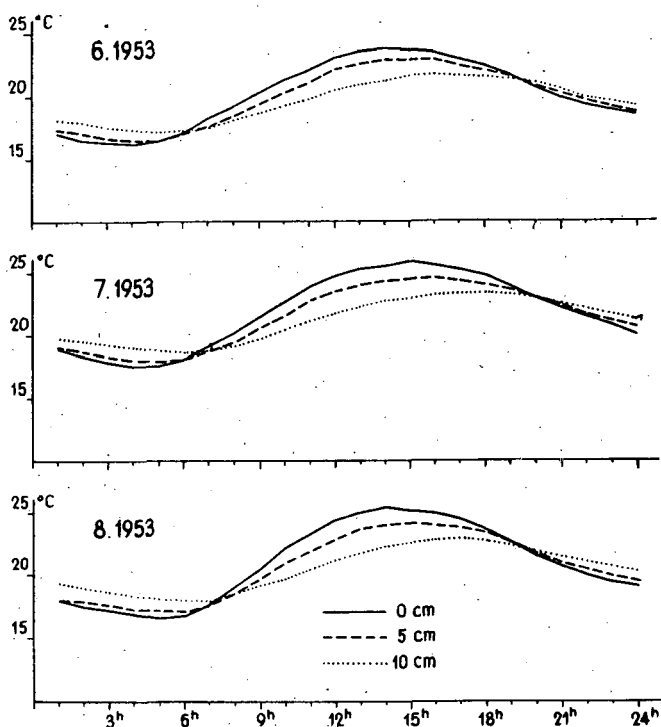


Abb. 4-a. Bodentemperaturen im freien Gelände. Fünftägige Mittelwerte.

direkte Aus- und Einstrahlung kräftig herabgesetzt. Folglich ist die tätige Oberfläche schon Ende Juni nicht mehr am Boden sondern in einem höheren Niveau anzutreffen, namentlich im Blätterniveau des Bestandes, und so kann es angenommen werden, daß im Hanfbestand ab Ende Juni ein abhängiges Mikroklima zur Ausbildung gelangt.

Abb. 4-b. Bodentemperaturen im Hanfbestande.  
Fünftägige Mittelwerte.



Am Ende von Juni, im Juli und August besitzen die Bodentemperaturen des Hanfbestandes in den verschiedenen Tiefen gleiche Tagesgänge und Amplituden. Für den Tagesgang ist es bezeichnend, daß die Maxima und Minima in jeder Tiefe mit einer Phasenverzögerung von zwei Stunden gegenüber dem freien Gelände auftreten (Abb. 4-a und 4-b).

Die Tagesamplituden der Bodentemperatur sind in allen drei Monaten sehr mäßig, im 0-cm-Niveau beträgt die Amplitude nur ein Drittel, in den tieferen Schichten nur die Hälfte der Amplituden, welche im freien Gelände auftreten.

Obwohl es im 0-cm-Niveau bei Tage einen Temperaturunterschied von 15—17° gibt, ist der Boden im Hanfbestand bei Nacht um 1,0—1,5° kälter.

Der gleichmäßige Tagesgang der Bodentemperatur, die Phasenverschiebung beim Eintreten der Extremwerte, die Geringheit der Tagesamplitude, sowie die gewaltige Temperaturabweichung gegenüber dem freien Gelände, dies sind alle Beweise dafür, daß die Bodentemperaturverhältnisse des Hanfbestandes neben der Streustrahlung, der in den Bestand eindringt, durch die Lufttemperaturen des Bestandes beeinflusst werden, d. h. der Boden erhält nicht im Strahlungswege, sondern durch molekulare Wärmeleitung die Energie aus der Luft, und somit besitzt der Bestand ein abhängiges Mikroklima.

Dies wird auch durch die Lufttemperaturen belegt, welche im Bestand gemessen wurden. Auf Grund der Lufttemperaturen, welche zwischen den 21. und 28. Juni in den Höhen von 5, 90, und 130 cm gemessen wurden (Abb. 5), ist bei Tage das 90-cm-Niveau am wärmsten, und bei Nacht das 5-cm-Niveau.

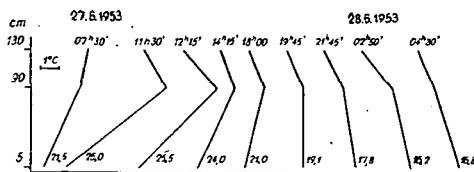


Abb. 5. Senkrechte Verteilung der Lufttemperatur im Hanfbestande (17–15. Juni)

Durch einen Vergleich der Lufttemperaturangaben vom 27. Juni mit der Temperatur der Bodenoberfläche kann festgestellt werden, daß die Bodenoberfläche bei Tage kühler und bei Nacht wärmer ist, als das 5-cm-Niveau des Bestandes.

Die Abhängigkeit des Mikroklimas des Hanfbestandes wurde auch durch J. JUSTYÁK (1957) mittels Messungen erwiesen, welche im Jahre 1950 in Palagpuszta ausgeführt wurden, jedoch nur bei niedrigem Sonnenstande. In den Mittagsstunden befand sich die tätige Oberfläche des betreffenden Bestandes an der Bodenoberfläche.

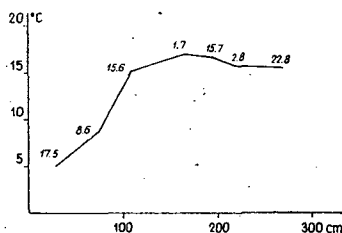
Nach den Untersuchungen, die ÉVA BENEDEK (1953) in Mezőhegyes, in einem blühenden Hanfbestande ausführte, wurde die tätige Oberfläche zwischen 8 und 19 Uhr ebenfalls an der Erdoberfläche aufgefunden.

Infolge der methodischen Abweichungen, und infolge anderer Umstände, können unsere Meßergebnisse mit denen der beiden angeführten Autoren nicht größtmäßig verglichen werden, doch kann es aus den Angaben des Bestandes in Mezőhegyes festgestellt werden, daß an einem heiteren Strahlungstage im 2-cm-Niveau am vormittag eine Erwärmungsgeschwindigkeit von 1,8–2,0°C/Stunde erreicht wird. Unter ähnlichen äußeren Verhältnissen erreicht diese Größe im 0-cm-Niveau des Hanfbestandes in Székkutas nicht den Wert von 1,3°C/Stunde.

Betreffend der Saattiefe und der agrotechnischen Umstände des Hanfbestandes in Székkutas verfügen wir über keinerlei Angaben; auch in den Arbeiten von JUSTYÁK und BENEDEK befinden sich keine diesbezügliche Bemerkungen. Die Unterschiede aber, welche sich zwischen den Verhältnissen in den drei verschiedenen Beständen ergeben, stehen unbedingt im Zusammenhang mit der Saattiefe dieser Bestände.

Aus Tabelle II ist es ersichtlich, daß in den Monaten Juni, Juli und August die Temperaturamplituden für die einzelnen Niveaus, und die Abweichungen der Extremwerte gegenüber derselben des freien Geländes, nur annähernd die selben sind: im August verzeichnet man eine Zunahme der Temperaturamplituden von einigen Zehntelgraden gegenüber den Werten des freien Geländes. Ende August beginnt die Vergilbung der Blätter, die unteren Blätter fallen ab, oder rollen sich zusammen. Mit der Abnahme und der Einstellung der Lebenstätigkeit der vegetativen Organe wird der Wasserumsatz der Pflanze und der Wasserhaushalt des Bestandes und des Bodens verändert; mit dem Kahlwerden der Stengel, mit der Vergilbung der Blätter wird die Größe und die Qualität der in der Bestand eindringenden Strahlung und dadurch der gesamte Wärmehaushalt des Bestandes verändert. Die genaue Erforschung dieses Vorganges könnte nur im Wege spezieller Strahlungsmessungen, Wasserhaushalt- und Wärmehaushaltuntersuchungen durchgeführt werden. Aus der Größenordnung der Abweichungen wird es ersichtlich, daß dieselben nur einen theoretischen Wert besitzen, und dieselben berühren weder die Existenz des abhängigen

Abb. 6. Unterschied der Bodentemperatur-Maxima im 0-cm-Niveau zwischen freiem Gelände und Hanfbestand für die Vegetationsperiode, und dessen Zusammenhang mit dem Wachstum des Hanfbestandes



Mikroklimas, noch die Größe der Temperaturabweichung gegenüber dem freien Gelände.

Somit bildet sich im Hanfgebiet im Laufe der rapiden Ausbildung der vegetativen Organe am Ende des Monats Juni ein abhängiges Mikroklima aus mit großen Temperaturunterschieden gegenüber dem freien Gelände und mit geringer Temperaturamplitude in allen Niveaus. Das abhängige Mikroklima verbleibt bis Ende August, bis zum Schnitt des Hanfes, ein charakteristischer Zug des Bestandes. Die Vergilbung und das Abfallen der Blätter am Ende August verursacht nur eine Abweichung von einigen Zehntelgraden.

Durch eine gleichzeitige Darstellung der Differenz der Maximaltemperaturen im freien Gelände und der Maximaltemperaturen im Hanfbestand einerseits, und des Wuchses des Hanfbestandes andererseits kann man denjenigen Wert der Pflanzenhöhe bestimmen, von der ein weiteres Wachstum von keiner praktisch wesentlichen Temperaturabweichung mehr begleitet wird (Abb. 6).

### Bodentemperaturen zur Zeit des Hanfschnittes

Der Schnitt des Hanfbestandes erfolgte am 26. August. Im Folgenden suchen wir eine Antwort auf die Frage, in welcher Weise nach dem Schnitte die Erwärmung des Hanfstoppelfeldes vor sich geht, und welche Unterschiede sich nach der Herstellung des Gleichgewichtes des Wärmeumsatzes zwischen dem offenen Gelände und dem Stoppelfelde ergeben. Zu diesem Zwecke wurden die Angaben des Tages vor dem Schnitte (25. August) mit den Angaben des Tages, an dem der Schnitt durchgeführt wurde (26. August) und mit den Angaben des 31. August verglichen (da in der Zwischenzeit ein bedecktes und regnerisches Wetter herrschte).

Wie aus den Angaben der Tabelle III und der Abb. 7. ersichtlich, sind bis zum Zeitpunkt 26. August 09 Uhr, die Unterschiede zwischen den Temperaturen des freien Geländes und des Hanfbestandes die gleichen als am Vortage, es liegen nur Abweichungen von Zehntelgraden vor. Nach dem Schnitte, um 10 Uhr, wird der Unterschied um 4,2° kleiner, und um 11 Uhr ist er um 6,3° kleiner als am 25. August. Dementsprechend ist die Temperaturzunahme auch in den tieferen Niveaus eine gewaltige: um 10 Uhr beträgt die Abnahme der Temperaturunterschiede in den 5-cm und 10-cm-Niveaus um 13 Uhr 2,4° bzw. 0,6°, um 13 Uhr 5,9° bzw. 4,6°. In den Nachtstunden war der Hanfbestand vor dem Schnitte um 2,0—2,4° kühler, doch schon in der Nacht vom 26. zum 27. August war die Temperatur die selbe als im offenen Gelände. Im 5-cm und 10-cm Niveau bleiben aber die Temperaturunterschiede bestehen, welche vor dem Schnitte vorhanden waren.

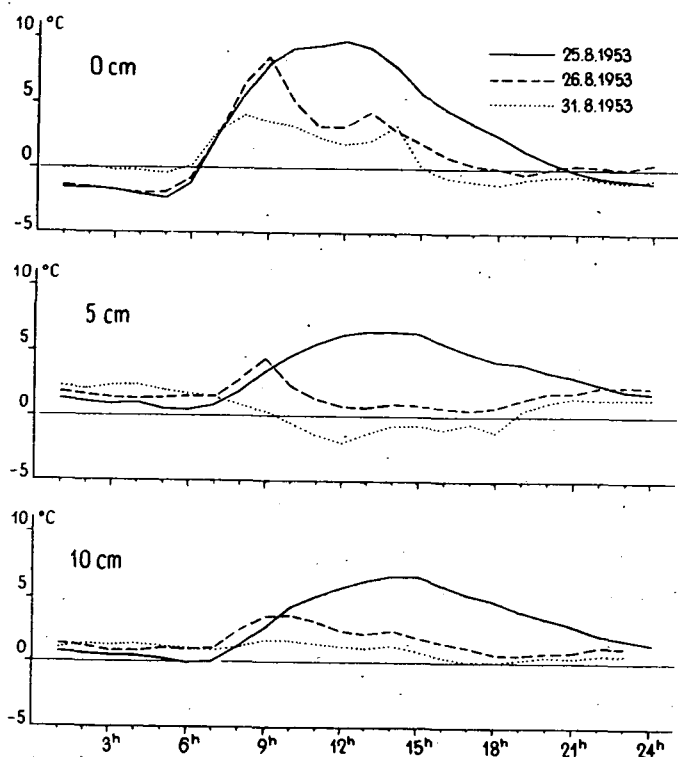


Abb. 7. Unterschied der Stundewerte der Bodentemperatur im freien Gelände und im Baumwollenbestand im Laufe des Hanfschnittes

Tabelle III.

		0 cm			5 cm			10 cm		
		Max. Min. Δ			Max. Min. Δ			Max. Min. Δ		
25. VIII.	F	29,6	12,0	17,6	26,5	15,0	11,5	25,8	15,3	10,5
	H	20,8	14,4	6,4	20,0	14,5	5,5	19,6	15,4	4,2
	F-H	8,8	-2,4	11,2	6,5	0,5	6,0	6,2	-0,1	6,3
26. VIII.	F	31,8	13,8	18,0	26,9	17,0	9,9	26,3	17,3	9,0
	H	27,6	15,4	12,2	26,0	15,5	10,5	24,6	16,4	8,2
	F-H	4,2	-1,6	5,8	0,9	1,5	-0,6	1,7	0,9	0,8
31. VIII.	F	33,6	13,2	20,4	27,6	15,9	11,5	26,6	16,2	10,4
	H	31,0	13,6	17,4	28,6	14,0	14,6	25,8	15,2	10,6
	F-H	2,6	-0,4	3,0	-1,0	1,9	-2,9	0,8	1,0	-0,2

Extremwerte der Bodentemperaturen zur Zeit des Hanfschnittes: H=Hanfbestand, F=freies Gelände.



Fünf Tage nach dem Schnitte des Hanfes, nachdem das Wärmegleichgewicht des Bodens wiederhergestellt wurde, deuten die Abweichungen gegenüber des freien Geländes auf das Vorhandensein der zurückgebliebenen Wurzelreste, auf das Vorhandensein der an der Oberfläche sich befindlichen Blätterreste und Stengelreste. Die Stundenwerte der Temperaturunterschiede am 31. August besitzen ein Doppelmaximum (08 und 14 Uhr) im 0-cm-Niveau, und dasselbe kann unter einer Phasenverzögerung auch in den tieferen Niveaus gefunden werden. Es ist anzunehmen, daß diese Erscheinungen die Folgen einer Beschattungswirkung durch die trockenen Rückstände darstellen dürften.

Eine Merkwürdigkeit des Tagesganges der Temperaturabweichungen besteht darin, daß im 0-cm-Niveau die Abweichungen nur Zehntelgrade betragen, doch ist bei Tage das Hanfstoppelfeld um 2,8—4,0 Grade kühler; im 5-cm-Niveau ist das Stoppelfeld in der Nacht kühler als vor dem Schnitte, hingegen ist es bei Tage wärmer als die gleichen Niveaus des freien Geländes. Das 10-cm-Niveau ist bei Nacht und bei Tag kühler am Hanfstoppelfelde als im freien Gelände.

### Folgerungen

Auf Grund einer vergleichenden Untersuchung der Bodentemperaturmessungen, welche im Jahre 1953 in Székuta vier Monate hindurch in einem Hanfbestande, einem Baumwollbestande und im kahlen Boden eines freien Geländes ausgeführt wurden, können die folgenden Feststellungen gemacht werden:

1. Die Beschattungswirkung des Baumwollenbestandes erreicht bei dem täglichen mittleren Sonnenstande ihr Maximum, demzufolge treten die höchsten Temperaturunterschiede gegenüber dem freien Gelände nicht zwischen den Extremwerten der Temperatur auf, sondern bei mittleren Sonnenhöhen am Vormittag und am Nachmittag, somit besitzt der Tagesgang der Temperaturabweichungen ein Doppelmaximum.

Die während der Entwicklung des Baumwollenbestandes auftretende Veränderung kann nicht allein durch eine Untersuchung der Extremwerte gekennzeichnet werden, da dieselben hindurch der ganzen Entwicklungsperiode eine fast gleiche Abweichung von den Angaben des freien Geländes aufweisen. Der zwischen des Wachstums des Bestandes und der Veränderung des Bestandsklimas bestehende Zusammenhang konnte erst durch einer Untersuchung des Tagesganges der Temperaturabweichungen aufgedeckt werden.

2. Für den Hanfbestand ist ab Mitte Juni, als eine Folge der Dichte des Bestandes, ein abhängiges Mikroklima bezeichnend, welches in den folgenden Erscheinungen zum Ausdruck gelangt: geringe Temperaturamplitude in den einzelnen Niveaus; eine Oberflächentemperatur, die (selbst in der Einstrahlungszeit) kühler ist als die Lufttemperatur im Luftraum oberhalb der Oberfläche; Phasenverzögerung in der Erwärmung, hervorgerufen durch die Wärmeübergabe durch Wärmeleitung; und Temperaturabweichung gegenüber des freien Geländes.

Die Temperaturverhältnisse sind grundlegend für die Entwicklungszyklen der pflanzlichen und tierischen Schädlinge welche im Pflanzenbestand und dessen Boden leben, für die Entwicklung der Pflanze selbst, und für die Gestaltung des Bodenlebens. Bodentemperaturen und Bestandtemperaturen stehen in

enger Verbindung mit der Saatendichte, somit kann durch eine sinnreiche Planung der Saatendichte (natürlich neben anderen agrotechnischen Faktoren) eine Förderung der Pflanzenentwicklung, bzw. eine Vorbeugung gegenüber Schädlingen erreicht werden.

Die nach dem Schnitte des Hanfbestandes am Stoppelfelde und im Boden zurückbleibenden pflanzlichen Teile üben durch ihre Beschattungswirkung und teilweise durch eine Umgestaltung der physikalischen Eigenschaften des Bodens, einen Einfluss aus, durch welchen die Abweichungen gegenüber der Kontrollstation hervorgerufen werden.

## LITERATUR

- BENEDEK, É. (1954): Mikroklíma vizsgálatok kenderállományban. (Mikroklimatologische Untersuchungen in einem Hanfbestande). Időjárás 58.
- BERÉNYI, D. (1958): Az állományklímát kialakító tényezők. (Die Faktoren durch welche das Bestandsklima bestimmt wird). MTA Agrártudományok Osztályának Közl. Heft 1—3.
- CSÓKÁS, GY. (1941): A kender tápanyagfelvétele és hatása a rost mennyiségére (Nährstoffaufnahme des Hanfes und ihre Auswirkung auf die Fasermenge). Kísérletügyi Közlemények, Heft 12.
- HAVAS, G. (1915): Vizsgálódások a kender virágzása körül. (Untersuchungen betreffend die Hanfblüte), Kísérletügyi Közlemények, Heft 2.
- JUSTYÁK, J. (1957): Adatok az 1950. évi kenderállomány mikroklímájához. (Beiträge zum Mikroklíma des Hanfbestandes im Jahre 1950). A Kossuth Lajos Tudományegyetem Meteorológiai Int. Tudományos Közleményei, Debrecen, Heft. 1.
- REINGARDT, V. E. (1952): Gyapottermelés (Baumvollenerzeugung), Verlag Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- TAMM, E. (1936): Vergleichende Temperaturmessungen in der Zone des Pflanzenklimas, Landwirtschaftliche Jahrbücher.
- VIZGIN, V. A. (1951): Az öntözetlen gyapot agrotechnikája (Agrotechnik der unberieselten Baumwolle), Verlag Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- WAGNER, R. (1955): A mikroklíma fogalma és módszere a természetföldrajzi kutatásokban (Begriff und Methode des Mikroklímas in den Forschungen der Naturgeographie). Földrajzi Értesítő 4.
- WAGNER, R. (1956): Adatok a Délkelet-Alföld mikroklímájához (Beiträge zum Mikroklíma des südöstlichen Teiles der ungarischen Tiefebene). Földrajzi Értesítő 5.
- WAGNER, R. (1965): Die Temperatur des Bodens, des Wassers und der Luft in Kopáncs, I. Teil, Acta Clim. Univ. Szegediensis 4—5.

# THE INFLUENCE OF THE WIND CONDITIONS OF THE HUNGARIAN ALFÖLD ON THE GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF MILLS

by ILONA BÁRÁNY, ETELKA VÖRÖS and R. WAGNER

**Summary:** The geographical distribution of the mills which were still working at the turn of the century and can be found on official Hungarian maps can be related with the wind conditions. With their help we can attempt to research the now little used but potentially existing wind energy.

The places of windmills indicate the areas where the kinetic energy of the air is sufficient for driving simple mechanisms.

In the areas where there is not sufficient wind energy, animal power was used for driving mills. On the watercourses having sufficient energy there were boat-mills and water-mills.

The large number of windmills once working in the Hungarian Alföld — in connection with the favourable wind conditions — makes probable the possibility that in a considerable part of the area there is enough wind energy to satisfy the small energy requirement of the agricultural co-operatives and detached farms and this can be achieved by putting into operation simple wind-driven power-supplying mechanisms that are already internationally used.

**Zusammenfassung:** Die geographische Verbreitung der Mühlen, die um die Jahrhundertwende tätig waren und auf offiziellen ungarischen Karten auffindbar sind kann mit den Windverhältnissen in Verbindung gebracht werden. Mit ihr Hilfe kann man es versuchen die heute schon wenig ausgenützte doch potentiell existierende Windenergie zu erforschen.

Zum Antreiben der Mühlen wurde Tierkraft gebraucht in den Gegenden wo es keine genügende Windenergie gibt. Auf den Flüssen mit genügender Energie waren Schiffsmühlen und Wassermühlen zu finden.

Die grosse Zahl der in dem ungarischen Alföld arbeitenden Windmühlen — im Zusammenhang mit günstigen Windverhältnissen — macht die Möglichkeit wahrscheinlich, dass die Windenergie in einem grossen Teil des Gebietes genügend ist zur Befriedigung der Energiebedürfnisse der landwirtschaftlichen Betriebe und der Meiereien, und das kann durch das Inbetriebstellen von international schon gebrauchten einfachen Windtriebwerken erzielt werden.

The effects of the climate are recognizable in any area of the Earth. The properties of the climatic elements are for the most part known, especially their connections with agriculture.

If we choose any climatic element and examine its geographical interactions in the landscape, we obtain interesting results.

In the present paper we undertake to solve a similar task, and within it we examine a part problem, namely the wind conditions and the distribution of the former (one-time) earlier windmills in the Hungarian Alföld.

Wind energy is a constantly renewed natural resource which could play an important part in the energy supply of the Earth. The world energy conference of Rio de Janeiro in 1955 K. A. LEDÁCS, 1956 stated that the kinetic energy of the Earth's atmosphere may be estimated at 6600 billion LE; of this 80 billion LE is utilizable which is forty times the amount of all the water energy supply utilizable. Besides this, investigation of the wind energy is also justified on account of the limitation of the exploitability of non-renewed sources of energy (coal, petroleum, fissile materials).

The cost of production of energy from windpower, if it is used immediately, is one third of the cost of water energy, and requires smaller investments than the water power plants.

Especially in agricultural areas poor in energy sources wind power plants may be very useful by pumping irrigation water, driving small agricultural machines or lighting farms.

The meteorological and technical world literature frequently deals with the need of erecting wind power plants that might work economically. The result of this is that on the international level the Soviet Union, Germany, Great Britain and Denmark have taken the lead in the utilization of wind power.

In Hungary, though utilization of wind power had started earlier, investigations dealing with wind power began only between the 1920's and the 1930's. The meteorological aspect of the question necessitates special investigation, for besides investigation of the territorial distribution of the wind directions and wind velocity the network must be enlarged also vertically as the occurrence of utilizable winds grows considerably with the altitude.

K. A. LEDÁCS (1956, 1958) has dealt with the possibilities of exploiting the wind power in Hungary and concluded that there is no obstacle to utilizing the wind energy up to 22 kW capacity because the world market does already supply ready-made wind power plants with such capacity.

P. Z. SZABÓ (1964), summarizing the results of earlier investigations confirms the need for investigation of the problem of utilization of wind power.

The distribution of the mills working in Hungary at the beginning of the century is compared in our present paper with the wind conditions in the Hungarian Alföld.

With the creation of agriculture by irrigation and with the development of grain production, the erection of windmills became a necessity. K. A. LEDÁCS (1958) writes in detail about the appearance of windmills and the more important dates of their spread all over the world. For us the Hungarian conditions are important.

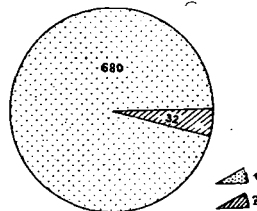
The appearance of windmills in Hungary is thought to have occurred in the 15 th century. In the second half of the 17 th century, after the Turkish occupation of Hungary the spread of simple windmills can be taken as a certain fact. Concerning the period 1811—1815 we have a statistical survey informing us that 8 simple windmills were built in the country.

Most of the windmills were built between 1866 and 1885. The majority of them could be found in the Hungarian Alföld.

K. LAMBRECHT in his series of articles published in the 22 nd volume of

Fig. 1. Territorial distribution of windmills in Hungary  
in 1894

1 = Alföld; 2 = other territories



*Ethnografia*, reports the following changes in the number of windmills:

in 1863	475
in 1873	854
in 1885	650
in 1894	712
in 1906	691

As shown in the disc diagram based on the 1894 survey (Fig. 1), 95.5 % of all the windmills in the country were to be found in the Hungarian Alföld.

This also supports our assumption, according to which the Hungarian Alföld has utilizable wind power potential. The existence of such a large number of windmills was closely connected with the grain production of the Alföld, but there were also a large number of horse-driven mills in this area. The distribution of horse-driven mills was generally connected with calm areas.

As the steam turbines and Diesel motors were perfected, the windmills could no longer compete with the steam mills and their number decreased at the beginning of the 20 th century in Hungary too until finally they have disappeared by our days.

Before the introduction of the steam mill, grinding of the grain was done chiefly by windmills and horse-driven mills in the Alföld. Besides cereals corn (maize) and paprika were ground similarly. In hilly or mountainous country the majority of mills were connected with water. There were an insignificant number of water-mills in the Alföld which is natural if we consider the network of watercourses.

The majority of the boat-mills were on the Danube and the Tisza. Our basic question is where windmills were or are to be found in the Alföld according to the kinetic energy of the air. If we can correlate the wind conditions with the windmills we will be providing a sort of proof for the fact that according to the calculations of wind frequency there are areas in the Alföld where the wind power would be sufficient to drive mills but and small agricultural machines as well as for electric lighting.

It was in connection with the electrification of farms and the viewpoints of economy that everyday life at the end of the 1940's and the beginning of the 1950's gave rise to the idea utilizing the wind energy. Indeed, there were wind-driven electricity-generating installations around Szeged and Hódmezővásárhely working at the end of the 1950's.

There are only few stations in the Alföld where wind velocity is measured, but wind frequency has been observed for several decades in many places (K. HEGYFÖKI 1894, R. WAGNER 1931).

The existing wind-revolving instruments are set up mostly in places sheltered from winds or in places disturbed by wind whirls/eddies; consequently in the evaluation of the data allowance must be made for a percentage of errors.

It is certainly desirable to widen the network of wind velocity measurements in Hungary from the point of view of wind energy research (J. KAKAS—M. MEZŐSI, 1956) which is important also for the Alföld.

Our work is based on 1:75,000 scale maps of official Hungarian cartographic material. We have delimited the *Északi Középhegység* (Northern Mountains of Medium Height) according to B. BULLA (1962) as a large morphological unit, because the sheltering effect of the Carpathians can be clearly demonstrated as far as that (G. TÓTH, 1933). We have not been able to obtain homogeneous cartographic material and look through the contemporary survey maps, so we have to be satisfied with the fact that the correction of the maps used took place between 1906 and 1920. On the basis of this evidence we have indicated the wind and horse-driven mills on the map shown here including the boat — and water-mills too (Fig. 2).

No doubt the wind is strong enough to drive mills in the places where there are windmills. On the other hand, in the places where there are horse-driven mills the wind power is generally insufficient for driving wind-mills.

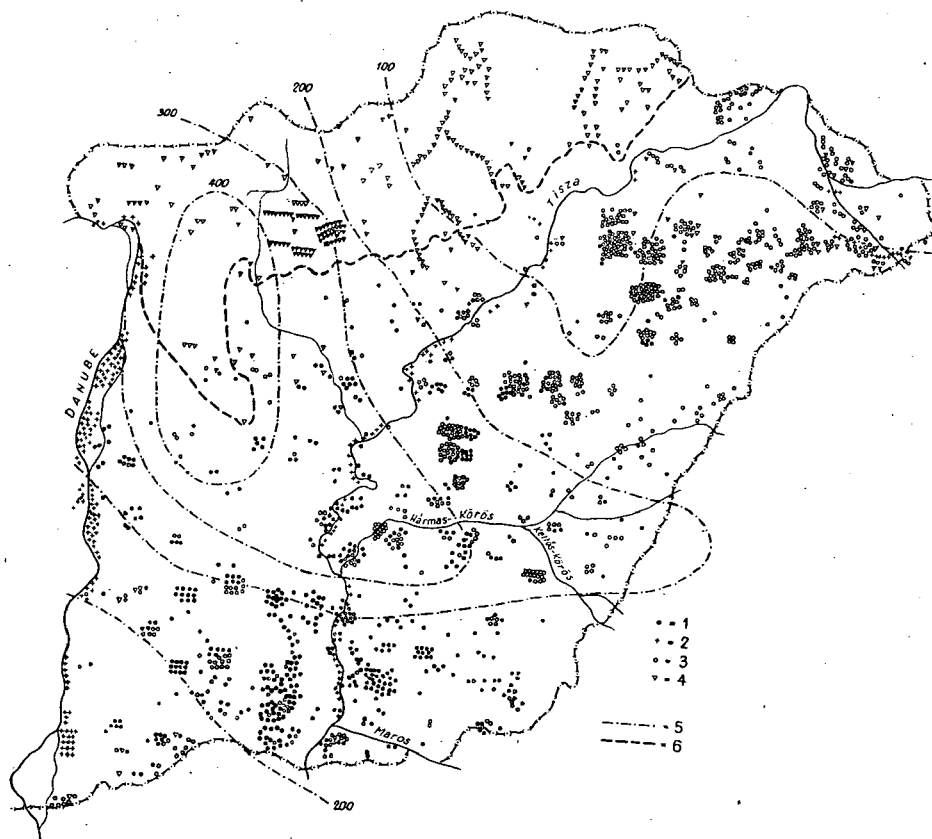


Fig. 2. Geographical distribution of mills and the occurrence of calms in the eastern half of Hungary

1 = windmill; 2 = boat-mill; 3 = horse-driven mill; 4 = water-mill; 5 = occurrence of calms; 6 = border of the geomorphological area of the *Északi Középhegység*

Along the rivers there are no windmills or only a small number of them, because in the larger part of the year the more reliable boat-mills used to work here.

The changes of the wind direction and velocity make the work of the mills more difficult or impossible. In mountainous country where the wind velocity is greater water is used for the driving of mills although here, too there is stoppage in winter. Windmills are to be found around settlements, while horse-driven mills in settlements.

We have drawn the wind-mills in the corresponding places of the working map. Owing to the scale of the map sketch, the signs have not always been put in the exact place, but for our purpose they are adequate.

On the basis of these maps we can find 538 windmills and 810 horse-driven mills in the area of the Alföld. These figures, when compared with earlier surveys, can be considered realistic.

After finding the places of windmills and horse-driven mills compared the maps with the wind conditions of the Alföld. Thus we point out partly the practical importance of the wind calm frequency values, partly we think we can obtain some additional facts for knowing the wind conditions of the Alföld.

The wind conditions of the Alföld with special regard to wind frequency were studied in detail by WAGNER (1931).

The majority of the windmills were located in the southern part of the Alföld. Szeged with its boat-mills was a milling center; in its immediate neighborhood there were only a few windmills, while NE, W, and NW of Szeged, Hódmezővásárhely, Kistelek, Dorozsma and the nearby farms as well as Kiskunhalas, Kiskőrös, Kiskunfélegyháza, Mindszent, Szegvár, Orosháza and its environs are regions rich in windmills. This area has about 70 % of all the windmills of the Alföld.

Away from this area in all directions the number of windmills gradually decreases. Near the Mátra mountain we find a few windmills here and there only as curiosities.

The largest number of horse-driven mills are to be found east of the river Tisza, between Debrecen and Szarvas. In the region of the Kőrös rivers there are both horse-driven mills and windmills.

The correlation which exists between the wind calm minima and the location of the windmills ceases only in the NE part of the Alföld. There is a definite contrast here between the wind conditions and the distribution of the windmills. In this area, especially in towns with many gardens, windmills were widely used. Investigating only the distribution of the windmills and horse-driven mills one would conclude that the largest calm zone is here in the Alföld.

According to an earlier study by WAGNER this area is windy which is proved also by the sandy regions of Nyírség. The greater number of horse-driven mills may be explained by the fact that there are great differences in the annual variation of the prevailing NE and SW wind directions.

The monthly frequency of the wind directions and calms:

	SW	NE	C
Nyíregyháza	16—27	26—37	6—15
Debrecen	17—26	17—23	11—20

This alone would not explain the lack of windmills, but it must also be

taken into consideration that the wind frequency is not in direct relation with the wind velocity. Since the prevailing wind directions in the area are NE and SW, we must suppose that these represent little wind energy in this region and so are not sufficient to drive windmills.

In other parts of the Alföld, especially in its southeastern part (in the region of Szeged), the frequency of calms is in complete agreement with the distribution of windmills.

The greatest frequency of calms with a value of 400 is to be found in the Alföld with Kiskartal and Kecskemét as nuclei. The calm nucleus ranging from Kiskartal to Kecskemét remains always between the D a n u b e and the T i s z a. This is connected with the wind-sheltering effect of the C a r p a t h i a n s and the M á t r a and B ü k k mountains.

The wind-sheltering and deviating effect of the Northern C a r p a t h i a n s was investigated by G. TÓTH (1933). He proved with frequency curves of the wind intensity that the middle high range of the N o r t h e r n C a r p a t h i a n s is an obstacle to the N currents currents going north. It is due to this fact that wind calms are frequent in the northern part of the land between the D a n u b e and the T i s z a and in the western territories of the É s z a k i K ö z é p h e g y s é g. As a consequence in the northern regions of the land between the D a n u b e and the T i s z a and horse driven mills are predominant and in the region of the C s e r h á t and M á t r a mountains water-mills.

However, the southern part of the wind calm zone with frequency number 400 comprises also the northern part of the elevated sandy flatland between the D a n u b e and the T i s z a. The wind calm zone with frequency number 300 extends also to the territories of the land between the D a n u b e and the T i s z a north of Csongrád, Kiskunfélegyháza and Kunszentmiklós and the angle of the K ő r ő s.

The wind calm zone with frequency number 200 comprises the regions of Dunapataj, Kistelek and Békéscsaba. The focus of the windy region is the regions along the M a r o s and the greater environment of Szeged where the frequency of wind calms is less than 100, and in the town of Szeged itself only 35. The southern boundary of the windy territories in the NE is the line passing through B o d r o g k ö z - H o r t o b á g y-Mezőkövesd.

Indeed, the building of windmills in the region of Szeged seems reasonable on account of the minimum of wind calm frequency. Because of the network of watercourses the conditions of production did not make it necessary to use wind mills in the northern windy territory.

It is surprising that in spite of greater wind frequency there were few horse-driven mills in the northern part of the land between the D a n u b e and the T i s z a, while there were also some windmills there. The explanation for this is that horse-driven mills were going out on account of the competition of steam mills, and this territory was not a grain-growing area at the time of the appearance of windmills. The population was mainly engaged in animal husbandry, then later in vine-growing, fruit farming, or truck gardening. In accordance with the requirements of grain grinding, steam mills were built, which led to the disappearance of windmills and horse-driven mills by the beginning of the 1900's. No windmills were to be found around Kecskemét, but there were some in Kiskunfélegyháza. This is explained by the distance from the calm zone, as Kiskunfélegyháza is at the edge of the curve of frequen-



cy number 400. In contrast to what might be expected, horsed driven mills did not prevail in the area and we have no knowledge of any earlier detailed statistical survey.

Besides the the horse-driven mills alone the line of Kunszentmárton—Szervás—Mézótúr—Kisújszállás—Karcag—Püspökladány—Nádudvar—Debrecen, especially in the south-eastern section of the line there were windmills. Though their number was smaller than that of the horse-driven mills, it seems that in this area it was necessary to use both types of mills. This is understandable since the maps of monthly calm frequency show that windy and relatively calm months alternate this area. The second half of the year is generally calmer, while the spring and the fall are more windy. The mills used to work here alternately depending on whether the wind power was or was not sufficient for driving the windmills.

The peculiar distribution of horse-driven mills in the windy zone of Debrecen and Nyíregyháza makes it necessary to examine the question more closely.

The spread of horse-driven mills was much earlier than that of windmills. Horse-driven mills were first erected by the Romans, while their existence in Hungary is first mentioned in documents from 1412. Horse-driven mills were most widely used in the 16<sup>th</sup> to 18<sup>th</sup> centuries. According to LAMBRECHT (1915) the largest number of horse-driven mills in this period were to be found around Kecskemét and Debrecen. In many places in Szeged, too, there were horse-driven mills besides water-mills.

The number of horse-driven mills changed, according to LAMBRECHT (1915), as follows:

in 1863	7966 horse-driven mills
1873	6361
1885	3197
1894	2033
1906	619

Taking for a basis maps published between 1906 and 1920 we could find 810 horse-driven mills in Hungary. This last number probably includes also the horse-driven mills out of operation.

The windmill did the grinding faster and without animal power and so it soon became widely used in the southern regions of the country according to the wind conditions. In the windy regions of Debrecen and Nyíregyháza, however, horse-driven mills were rather used on account of the periodicity of the wind and therefore their smaller reliability.

Comparing the wind direction frequency values of Szeged, Debrecen and Nyíregyháza we can find no difference that would explain the distribution of windmills and horse-driven mills.

We are led to believe that the wind power is not so favorable in the north-eastern territories of the Alföld as in the region of Szeged.

Working up the data of four years of instrumental observation. J. KAKAS (1947) gave a general picture of the wind direction frequency and wind intensity in our airfields. He classified the wind intensity according to the Beaufort scale and showed the percentile distribution at different stations for the whole year.

With the help of WAGNER's tables (1931) and by calculation we determined the distribution of the wind intensities belonging to the different wind direc-

Table 1.

*Distribution of winds of 3th, 4th, and 5th degrees of the Beaufort scale*

Station	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	Total
Szeged	43,7	29,7	85,1	133,5	53,2	70,8	135,8	97,7	649,5
Debrecen	154,1	39,8	20,2	12,2	164,7	34,1	27,1	40,3	492,5
Nyíregyháza	250,5	22,5	46,2	26,5	17,8	12,6	25,4	64,9	621,5

tions neglecting winds of an intensity between 0 and 2 and those stronger than 6. (Table 1.)

The talbe shows, on the basis of daily three observations which winds are suitable for driving windmills and how many times if we consider the winds of intensity 3 to 5. According to these data windmills can be used at Szeged on 216 days at Nyíregyháza on 207, and at Debrecen on 164 days of the year. These numbers are sufficient even in the case of the less favourable Debrecen area and do not explain the scarcity of windmills in this region.

Going on we narrow down the range and take into consideration only winds of number 4 to 5 strength according to the Beaufort scale (Table 2).

These data prove the favourable situation of Szeged and its neighborhood. Under the above-mentioned conditions a windmills van work 141 days at Szeged, 120 days at Debrecen, and 128 days at Nyíregyháza.

In the case of Szeged it is also a favourable circumstance that the prevailing wind culminates in July and August. S winds of the second order of frequency are represented from August to December, and the frequency of SE winds increases in the last third of the year. At Nyíregyháza only the SW winds are more frequent in fall and winter. The frequency of calms is greater just in the second half of the year. Largely the same is the situation at Debrecen. Thus, in spite of the first appearance the explanation for the lack of windmills in Hajdúszabolcs and Nyírség is to be sought in the wind conditions.

The above-mentioned conclusions seem to be supported from another point of view by the monthly means of the wind velocity as recarded in the *Statistics of the Climatological Atlas of Hungary* (1967). The mean values of wind velocity for Szeged between 1958 and 1962 do not sink below 2,6 m/sec even in the less windy summer months, while in the case of Kecskemét or especially Debrecen even means of 2,5 m/sec van be found. The potential possibilities of the exploitation of wind energy in the Alföld are proved also by the direction frequency data of winds of different speeds.

The category of 3,4—5,4 m/sec velocity, which is suitable for driving simple wind power plants, figures in first or second place from the point of view of its percentile distribution as compared with other categories.

Table 2.

*Distribution of winds of 4th and 5th degrees of the Beaufort scale*

Station	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	Total
Szeged	25,7	14,6	54,6	85,6	29,7	47,5	99,5	66,2	423,4
Debrecen	10,2	26,1	21,9	30,8	104,8	22,8	17,9	28,0	359,5
Nyíregyháza	162,6	12,1	20,3	13,6	109,4	5,7	14,5	47,1	385,5

We could not carry out calculations of energy because for that data of special wind measurements would have been necessary.

Summarizing we may say that horse-driven mills, water- and boatmills were used in those regions of the Alföld where there is not sufficient wind power to drive mills; this is why animal power and water power were used here. At the same time windmills mark the places where there is enough wind power to drive mills. Thus the territorial distribution of the mills is connected with the wind conditions. This makes it probable that in the regions where there are windmills the smaller energy demands of the agriculture and the farms could be satisfied with the help of wind power.

### Bibliography

- Bulla, B.* (1962): Magyarország természeti földrajza. Budapest.
- Hegyfok, K.* (1894): A szél iránya a magyar szent korona országaiban. Budapest.
- Kakas, J.* (1947): Repülőtereink széliránygyakorisága. Időjárás 51.
- Kakas, J.—Mezősi, M.* (1956): Szélviszonyaink vizsgálata és az országos energiagazdálkodás. Időjárás 60.
- Lambrecht, K.* (1915): A malmok könyve. Budapest.
- Lambrecht, K.* (1911): A magyar szélmalom. Ethnografia 22.
- Ledács, K. A.* (1956): Szélenergia — a mezőgazdaság olcsó energiaellátása. Magyar Energiagazdaság 9.
- Ledács, K. A.* (1958): A szélenergia hasznosításának története. Energia és Atomtechnika 11.
- Ledács, K. A.* (1956): A szélenergia nagyüzemi hasznosítása. Magyar Energiagazdaság 9.
- Magyarország Éghajlati Atlasza (1967). II. kötet. Adattár. Országos Meteorológiai Intézet. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Magyarország malomipara 1994-ben (1896). Magyar Statisztikai Közlemények. XIII. Budapest.
- Szabó, P. Z.* (1964): A szélerő hasznosításának kérdése. Földrajzi Közlemények XII.
- Tóth, G.* (1933): Az Északi-Kárpátok védő és eltérítő hatása északi szekekkel szemben. Időjárás. 37.
- Wagner, R.* (1931): A magyar Alföld szélviszonyai. A szegedi Alföldkutató Bizottság Könyvtára. III. Szakosztály Közleményei. 9. Szeged.



# ZUSAMMENHANG DES AUFTRETENS DER ASTHMATISCHEN ANFÄLLE IM KINDESALTER MIT DEN MONDPHASEN

von Á. Kiss und P. Osváth

**Zusammenfassung:** Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten asthmatischer Anfälle im Kindesalter und den Mondphasen wird besprochen. Auf Grund von einjähriger Beobachtungen, welche an der Kinderklinik der Medizinischen Universität in Szeged durchgeführt wurden, wird festgestellt, daß in der Zeit vom ersten bis zum letzten Viertel die Zahl der Anfälle eine höhere war als in der zweiten Hälfte des synodischen Mondmonats. In den Tagen nach Vollmond war ein sehr kräftiges Häufigkeitsmaximum zu verzeichnen.

**Summary:** This paper is concerned with a connection found between the occurrence of asthmatic attacks on the one hand and lunar phases on the other. From observations carried out during a period of one year at the Clinic for Pediatrics of the Medical University of Szeged, it appears that in the period from the first quarter to the last quarter, the occurrence of attacks was more frequent than during the second half of the synodic lunar month. A very strong peak of frequency has been observed in the days following the full Moon.

Die Ursachen, durch welche die Anfälle der an Asthma leidenden Kranken angeblich oder tatsächlich ausgelöst werden, sind bekanntlich recht mannigfaltig. Aus der Reihe derselben wollten wir die Rolle des Aeroplanktongehaltes der Luft und der meteorologischen Faktoren auf Grund einer ganzjährigen Beobachtungsreihe untersuchen. Die Beobachtungen wurden durch eine komplexe Forschergruppe vom 30. Juni 1966 bis zum 1. Juli 1967 ausgeführt. Über die Resultate wurde in Vorlesungen und in Veröffentlichungen berichtet (SIMONCSICS, OSVÁTH, BALÁZS 1968, OSVÁTH, KISS, BALÁZS, SIMONCSICS 1968, SIMONCSICS, OSVÁTH, BALÁZS 1970, OSVÁTH, ENDRE 1970, OSVÁTH, BALÁZS, SIMONCSICS 1970). In der Folge wurde auch der Zusammenhang des Auftretens der asthmatischen Anfällen mit den Mondphasen untersucht.

Die Voraussetzung einer biologischen Wirksamkeit des Mondes lebte schon seit Urzeiten im Bewußtsein der Menschheit. Der Zusammenhang, der zwischen dem Biorhythmus des Palolowurmes und der Mondphasen besteht, wurde nicht erst durch die Wissenschaft entdeckt. Hingegen haben aber wissenschaftliche Untersuchungen bei zahlreichen Tierarten einen Zusammenhang zwischen gewissen biologischen Rhythmen und den Mondphasen erwiesen. Unter den menschlichen Lebensvorgängen erscheint ein Zusammenhang der Geburten, der Todesfälle, der Lungenentzündung, der Harnausscheidung und des Menstruationszyklus mit den Mondphasen erwiesen zu sein. Es ist eine merkwürdige Beobachtung, daß auch die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges (wenn auch in geringer Weise) eine Veränderung mit den Mondphasen erfährt. Ein angenommener, aber einwandfrei noch nicht erwiesener Zusammenhang

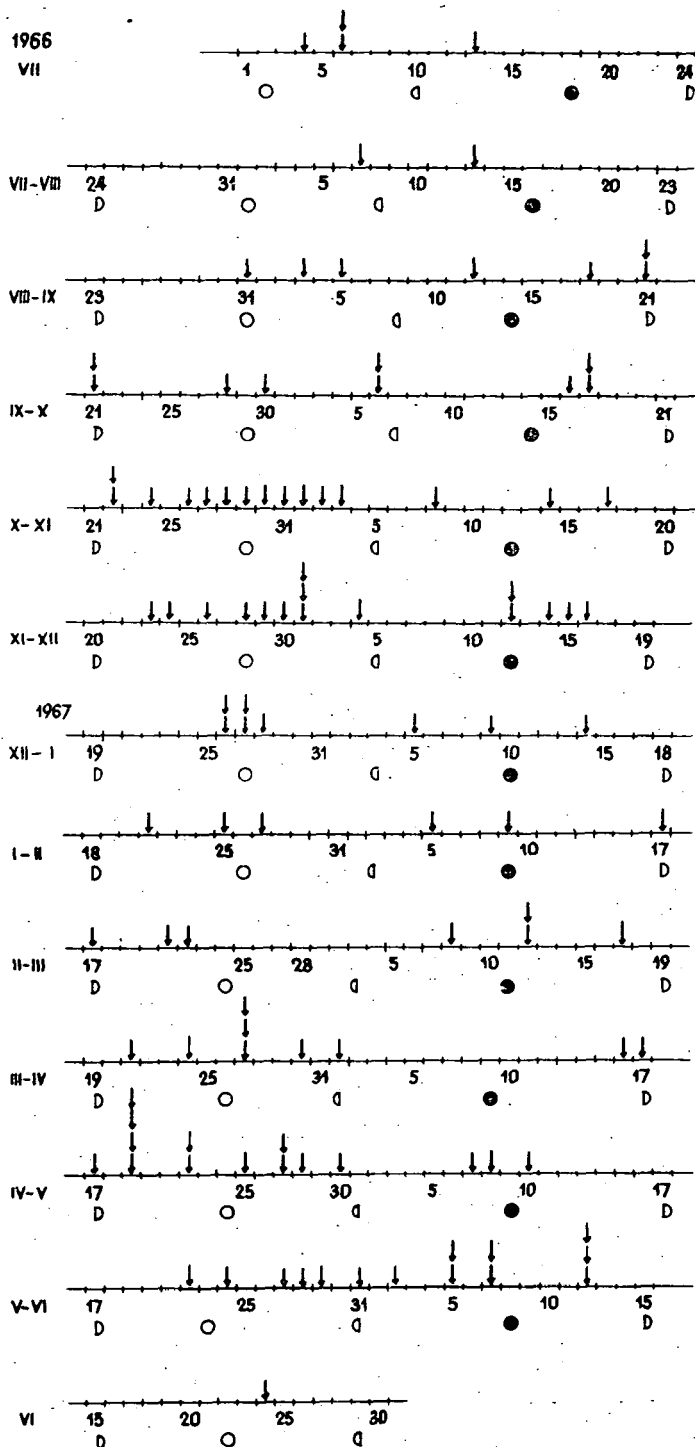


Abb. 1. Die Asthmatischen Anfällen und die synodischen Mondmonaten im Laufe des Jahres (1. 7. 1966—30. 6. 1967.)

scheint zwischen dem Auftreten der epileptischen Anfällen sowie der manischen Erscheinungen und den Mondphasen vorzuliegen.

Der Zusammenhang zwischen asthmatischen Anfällen und Mondphasen bildet ein weniger erforschtes Gebiet. Aus dem Krankengute der Kinderklinik der Medizinischen Universität in Szeged konnten in der Untersuchungsperiode 109 solche Anfälle gefunden werden, welche unbedingt als reine asthmatische Anfälle angesprochen werden konnten, und nach einem symptomfreien Zeitabschnitt plötzlich, ohne Fieber aufgetreten waren und länger als eine halbe Stunde gedauert haben. Die Diagnose wurde auch durch Provokationstest und Ausscheidungseosinophilie bekräftigt. Die Häufigkeit solcher Anfälle wurde mit den Schwankungen des Aeroplanktongehalt der Luft und der meteorologischen Faktoren verglichen, und in der vorliegenden Arbeit wird ein solcher Vergleich mit den Mondphasen vorgenommen. Die jährliche Verteilung der Anfälle und die Mondphasen werden an Abb. 1 dargestellt.

Die ekliptische Länge des Mondes, von der Stelle der Sonne an gerechnet, nimmt von Neumond bis Neumond im Laufe des synodischen Mondmonats von  $0^\circ$  auf  $360^\circ$  zu. Dieser Bereich wurde in 24 gleiche Abschnitte von je  $15^\circ$  unterteilt. Die einzelnen Anfälle wurden auf Grund der ekliptischen Länge, welche der Mond am Anfallstage aufwies, der betreffenden Gruppe zugewiesen (Tabelle 1, Abb. 2). Die größte Häufigkeit wurde innerhalb des ersten Intervalls nach Neumond angetroffen, und in der Zeit vom ersten Viertel bis zum letzten Viertel ist die Zahl der Anfälle größer als im Zeitabschnitt zwischen letztem Viertel und erstem Viertel. Diese Verteilung der Anfälle im Laufe des Mondmonats wird noch auffälliger, wenn man Abschnitte von  $30^\circ$  betrachtet in der Weise, daß die einzelnen Mondphasen die Mitte der betreffenden Abschnitte einnehmen (Tabelle 2, Abb. 3).

Tabelle 1.

0—15°	15—30°	30—45°	45—60°	60—75°	75—90°	90—105°	105—120°
3	3	5	4	3	4	2	6
120—135°	135—150°	150—165°	165—180°	180—195°	195—210°	210—225°	225—240°
3	5	8	5	11	5	9	7
240—255°	255—270°	170—285°	285—300°	300—315°	315—330°	330—345°	345—360°
3	3	3	2	3	4	5	3

Tabelle 1. und Abb. 2: Verteilung der asthmatischen Anfällen im Laufe des synodischen Mondmonats

(Die Gradwerte sind ekliptische Längen des Mondes von der Stelle der Sonne an gerechnet.)

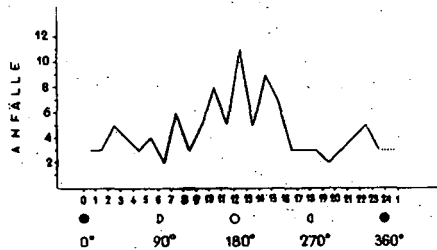


Tabelle 2.

345—15°	15—45°	45—75°	75—105°	105—135°	135—165°
6	8	7	6	9	13
165—195°	195—225°	225—255°	255—285°	285—315°	315—245°
16	14	10	6	5	9

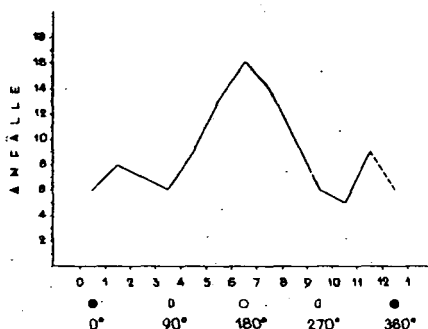


Tabelle 2. und Abb. 3. Verteilung der asthmatischen Anfällen im Laufe des synodischen Monats

(Die Gradwerte sind ekliptische Längen des Mondes von der Stelle der Sonne an gerechnet.)

Werden die Angaben in drei Gruppen, in Abschnitten von je 120° eingeteilt, und zwar in der Weise, daß der Neumond und der Vollmond die Mitte je eines Bogens von 120° einnehmen, wodurch die dritte Gruppe in zwei, einander nicht berührende Teilabschnitte von je 60° zerfällt, deren Mittelpunkte mit dem ersten bzw. letzten Viertel zusammenfallen, dann ist die Verteilung der asthmatischen Anfälle die folgende:

60°	_____	Vollmond	_____	60°	53
60°	_____	Neumond	_____	60°	30
30°	_____	erster Viertel	_____	30°	26
30°	_____	letzter Viertel	_____	30°	

Wir wollen endlich unsere Angaben in 6 Gruppen einteilen, nach 60°-igen Abschnitten der ekliptischen Länge, in der Weise, daß der Neumond und der Vollmond je den Ausgangspunkt eines Abschnittes bilden (Tabelle 3, Abb. 4). Diese Gruppierung weist am entschiedensten auf die Besonderheit des Zusammenhanges der asthmatischen Anfälle und der Mondphasen hin, wonach die Häufigkeit der Anfälle in den Tagen nach Vollmond ihr Maximum erreicht. Ein ähnlicher Zusammenhang ist auch bei vielen anderen Mondwirkungen erkennbar. Hier möchten wir darauf hinweisen, daß RÉTHLY (1963) einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der in Ungarn beobachteten Nordlichterscheinungen und der geomagnetischen Störungen mit den Mondphasen erwiesen hat (dabei ist der Zusammenhang des Tagesganges der erdmagnetischen Kraft mit den Mondphasen eine wohlbekannte Erscheinung), und diese Zusammenhänge zeigen nur eine geringe Abweichung von den Zusammenhängen, welche im Falle der asthmatischen Anfälle gefunden wurden. Namentlich die Häufigkeiten der Nordlichterscheinungen und der erdmagnetischen Störungen



Tabelle 3

0—60°	60—120°	120—180°	18—0240°	140—300°	300—360°
15	15	21	32	11	15

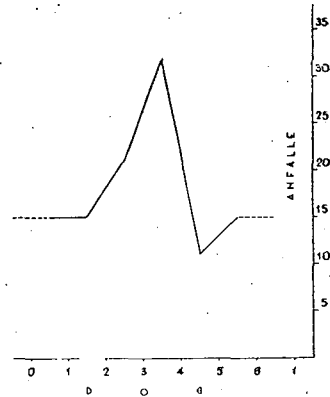


Tabelle 3. und Abb. 1. Verteilung der asthmatischen Anfällen im Laufe des synodischen Mondmonats  
(Die Gradwerte sind ekliptische Längen des Mondes von der Stelle der Sonne an gerechnet.)

erreichen ihre Maxima in der zweiten Pentade nach Vollmond, und weisen gegen Neumond ein Minimum auf.

Wird die Ähnlichkeit in Betracht gezogen, welche sich zwischen den Mondwirkungen auf die Nordlichttätigkeit, auf die erdmagnetischen Störungen und auf das Auftreten der asthmatischen Anfällen ergibt, so kann man vielleicht der Natur der Mondwirkung auf asthmatische Anfälle besser nähertreten. Doch kann auch unabhängig festgestellt werden, daß die *Mondwirkung, welche beim Auftreten von asthmatischen Anfällen nachgewiesen wurde, kaum durch Gravitationswirkungen erklärt werden könne*, da in diesem Falle die asthmatischen Anfälle bei Neumond mit der gleichen Häufigkeit auftreten müßten als bei Vollmond.

Vielleicht ist es nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß der Mond in der Zeit vom ersten Viertel bis zum letzten Viertel seine Bewegung um die Sonne *außerhalb* der Erdbahn, in der Zeit vom letzten Viertel bis zum ersten Viertel hingegen *innerhalb* der Erdbahn vollführe. Demzufolge kann nicht nur davon die Rede sein, daß der Mond fähig ist, in der Zeit vom ersten Viertel bis zum letzten Viertel die elektromagnetische Sonnenstrahlung auf die Erde zu reflektieren, sondern auch davon, daß die Bahn der Korpuskularstrahlung der Sonne in der Zeit vom ersten Viertel bis zum letzten Viertel durch den Mond ungestört bleibt, und es vielleicht sogar vorkommen dürfte, daß ein Teil der Wirkungen dieser Strahlung durch irgendeinen Mechanismus auf die Erde weitergeleitet werden könnte.

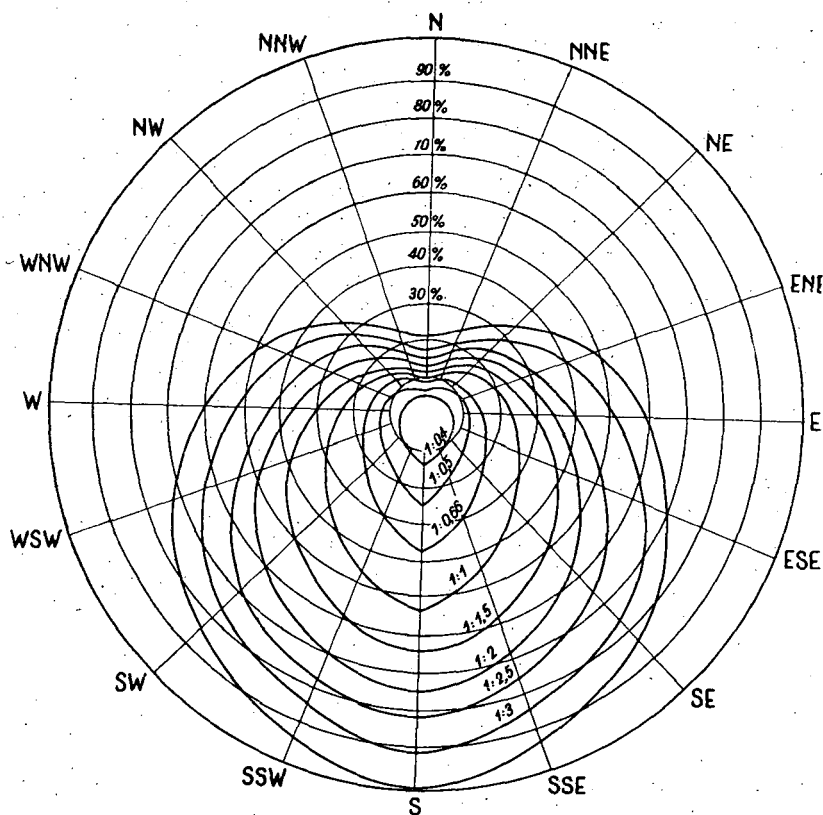
## LITERATUR

- SIMONCSICS, P. — OSVÁTH, P. — BALÁZS, P. (1968): A Szeged levegőjében nagyobb tömegben fellelhető pollenek minőségi vizsgálata. A Szegedi Orvostudományi Egyetemen tartott előadás. (Vorlesung).
- OSVÁTH, P. — KISS, Á. — BALÁZS, I. — SIMONCSICS, P. (1968): A levegőben fellelhető pollenek és gombaspórák számának változása egy év alatt, összefüggés a meteorológiai faktorokkal és az asztmás rohamok jelentkezésével. A Szegedi Orvostudományi Egyetemen tartott előadás. (Vorlesung).
- SIMONCSICS, P. — OSVÁTH, P. — BALÁZS, I. (1970): A levegő pollentartalmának kvalitatív vizsgálata (Qualitative Untersuchung des Pollengehalts der Luft). Rheumatologia, balneologia, allergologia, XI. Heft 2.
- OSVÁTH, P. — ENDRE, L. (1970): A pollenallergia gyakorisága az asthma bronchiales gyermekek közt (Häufigkeit der Pollenallergie unter asthmatischen Kindern). Rheumatologia, balneologia, allergologia, XI. Heft 2.
- OSVÁTH, P. — BALÁZS, I. — SIMONCSICS, P. (1970): A levegő pollentartalmának és gombaszámának változása. Összefüggések az asztmás rohamok jelentkezésével. (Die Änderung des Pollen und Pilzgehalts der Luft. Zusammenhang mit dem Auftreten asthmatischer Anfälle.) Rheumatologia, balneologia, allergologia, XI. Heft 3.
- RÉTHLY, A. — BERKES, Z. (1963): Nordlichtbeobachtungen in Ungarn (1523–1960). Bp. 1963.

# UNMITTELBARE BESTRAHLUNG VON GASSENFRONTEN BEI VERSCHIEDENER BEBAUUNGSDICHTE

von P. SINDELY

Im Jahre 1951 wurde durch L. TAKÁCS im Band XIV. der „Amtlichen Veröffentlichungen“ des ungarischen Meteorologischen Instituts ein Verfahren mitgeteilt, das es ermöglicht, die Höhe der Sonne und deren Asimut sowie die Dauer der Bestrahlung von Flächen mit verschiedener Exposition graphisch zu ermitteln. Natürlich ist das erwähnte Verfahren auch dazu geeignet, den Einfallswinkel der Bestrahlung an Gassenfronten, d.h. an senkrechten Ebenen festzustellen, und es kann auch festgestellt werden, in wie weit die astronomisch mögliche Bestrahlung durch die Anwesenheit der gegenüberliegenden Gassenfront eingeschränkt wird. Das Verfahren kann auf Gassen-



fronten von beliebiger Orientierung und von beliebiger Bebauungsdichte verwendet werden.

Unter Benützung des erwähnten graphischen Verfahrens wurde für die geogr. Breite  $47,5^\circ$  der Jahresgang der astronomisch möglichen Bestrahlung von Gassenfronten mit verschiedener Bebauungsdichte und verschiedener Orientierung bestimmt und auf dieser Grundlage wurde die jährliche Sonnenscheindauer für die einzelnen Gassenfronten ermittelt. Die erhaltenen Werte wurden auf die jährliche Sonnenscheindauer der meist begünstigten Gassenfront, namentlich derjenigen mit einer südlichen Exposition, bezogen und in Prozenten dieses Wertes ausgedrückt. Diese Prozentwerte wurden an einem Kreisdiagramm veranschaulicht. Die sich auf die gleiche Bebauungsdichte beziehenden Werte wurden interpolatorisch verbunden und in solcher Weise erhielten wir für einen jeden Wert der Bebauungsdichte eine geschlossene Kurve.

Aus der Abbildung kann im Bereiche 0,4—3 der Bebauungsdichte für eine jede Gassenfront ein in Prozenten ausgedrückter Wert der jährlichen Sonnenscheindauer abgelesen werden.

# INHALT

NOVÁK, Á.: Data for the history of meteorological researches in Szeged	3
WAGNER, R.: Kalte Luftseen in den Dolinen	23
BARBARA OBRESKA — STARKEL: Über die thermische Temperaturschichtung in Bergtälern	33
NAGY, L.: Angaben zu den Strahlungsverhältnissen des Waldes	49
BOROS, J. und SUHAI, F.: Angaben über Bodentemperaturen in Baumwolle- und Hanf-Beständen	59
ILONA BÁRÁNY, ETELKA VÖRÖS and R. WAGNER: The influence of the wind conditions of the Hungarian Alföld on the geographical distribution of mills	73
KISS, Á. und OSVÁTH, P.: Zusammenhang des Auftretens der asthmatischen Anfälle im Kindesalter mit den Mondphasen	83
SINDLEI P.: Unmittelbare Bestrahlung von Gassenfronten bei verschiedener Bebauungsdichte	89

Felelős kiadó: Dr. Wagner Richárd  
70. 3902 Bács-Kiskun megyei Nyomda Vállalat, Kecskemét.